

**TACTILE SENSE PRESENTING MECHANISM AND INNER FORCE SENSE PRESENTING DEVICE USING THE SAME**

Publication number: JP2001166676 (A)

Publication date: 2001-06-22

Inventor(s): HAYAKAWA TAKESHI

Applicant(s): SONY CORP

Classification:

- International: G09B9/00; A61B19/00; B25J13/02; G06F3/00; G06F3/01; G09B9/00; A61B19/00; B25J13/02; G06F3/00; G06F3/01; (IPC1-7): G09B9/00; B25J13/02; G06F3/00

- European:

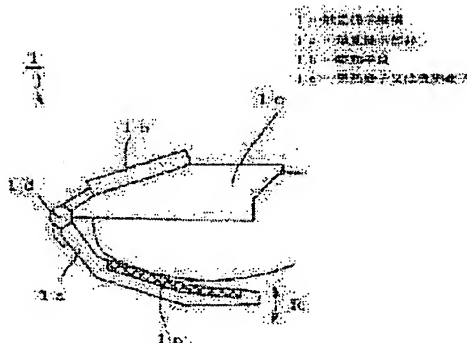
Application number: JP19990350200 19991209

Priority number(s): JP19990350200 19991209

**Abstract of JP 2001166676 (A)**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To make tactile sense presenting mechanism compact and simple.

**SOLUTION:** In the tactile sense presenting mechanism 1, a tactile sense presenting member 1a is attached to the covering member 1c fitted to the finger in a rotatable state and, also, a driving means 1b for driving the tactile sense presenting member 1a is provided. The tactile sense presenting mechanism 1 is constituted so as to present a tactile sense to the finger by pressurizing the flat surface of the finger with the tactile sense presenting member 1a.



Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-166676

(P2001-166676A)

(43) 公開日 平成13年6月22日 (2001.6.22)

(51) IntCl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト* (参考)
G 0 9 B 9/00		C 0 9 B 9/00	Z 3 F 0 5 9
B 2 5 J 13/02		B 2 5 J 13/02	9 A 0 0 1
G 0 6 F 3/00	6 8 0	C 0 6 F 3/00	6 8 0 D
// A 6 1 B 19/00	5 0 2	A 6 1 B 19/00	5 0 2

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 45 頁)

(21) 出願番号 特願平11-350200

(22) 出願日 平成11年12月9日 (1999.12.9)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 早川 健

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74) 代理人 100069051

弁理士 小松 祐治

Fターム(参考) 3F059 AA00 DA09 DC02 DC03 DC04

DD01 DD06 DD08 DD18 DE05

FA03 FA07 FB16 FB17 FB22

FC03 FC04 FC06

9A001 BB06 DD12 HH19 HH34 JJ71

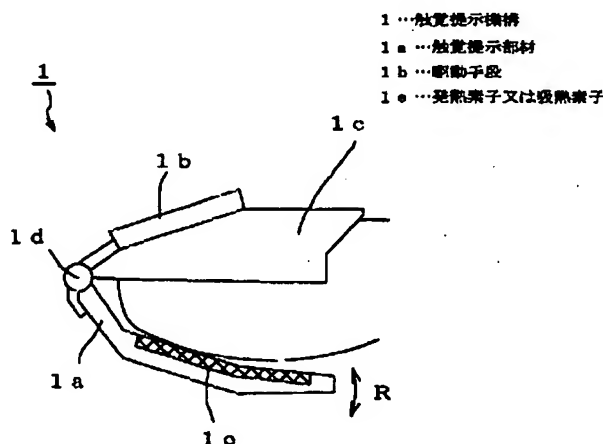
JJ76 KK45 KK54 KK60

(54) 【発明の名称】 触覚提示機構及びこれを用いた力触覚提示装置

(57) 【要約】

【課題】 触覚提示機構のコンパクト化、簡単化を図る。

【解決手段】 触覚提示機構1において、指に装着される被覆部材1cに対して触覚提示部材1aを回動可能な状態で取り付けるとともに、触覚提示部材1aを駆動するための駆動手段1bを設ける。そして、触覚提示部材1aによって指の掌面を押圧することで指に触覚を提示するように構成した。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 指に装着される被覆部材に対して回動可能な状態で取り付けられる触覚提示部材と、触覚提示部材を駆動するための駆動手段とを有し、駆動手段によって触覚提示部材を回動させて当該触覚提示部材により指の掌面を押圧することで指に触覚を提示することを特徴とする触覚提示機構。

【請求項2】 請求項1に記載した触覚提示機構において、触覚提示部材に発熱素子又は吸熱素子を設けたことを特徴とする触覚提示機構。

【請求項3】 請求項1に記載した触覚提示機構において、触覚提示部材に設けられた駆動ローラーと従動ローラーとに亘って無端状の帯状部材を張設し、駆動手段により駆動ローラーを回転させることで搬送される帯状部材が指に接触するように構成したことを特徴とする触覚提示機構。

【請求項4】 請求項3に記載した触覚提示機構において、摩擦係数の高い材料で形成された当接部を、搬送される帯状部材に接触させることで摩擦熱を発生させる発熱機構を設けたことを特徴とする触覚提示機構。

【請求項5】 対象者に装着して使用する複数の装具と、該装具を構成する被覆部材のうち、対をなす被覆部材に亘って架け渡された複数対のワイヤー部材と、該ワイヤー部材を駆動する駆動手段とを備え、ワイヤー部材を介して駆動手段の力を装具に伝達することで対象者に力触覚を提示する力触覚提示装置において、指の先端部に装着される被覆部材に対して回動可能な状態で取り付けられる触覚提示部材と、触覚提示部材を駆動するための駆動手段とを設け、駆動手段によって触覚提示部材を回動させて当該触覚提示部材により指の掌面を押圧することで指に触覚を提示することを特徴とする力触覚提示装置。

【請求項6】 請求項5に記載した力触覚提示装置において、触覚提示部材に発熱素子又は吸熱素子を設けたことを特徴とする力触覚提示装置。

【請求項7】 請求項5に記載した力触覚提示装置において、触覚提示部材に設けられた駆動ローラーと従動ローラーとに亘って無端状の帯状部材を張設し、駆動手段により駆動ローラーを回転させることで搬送される帯状部材が指に接触するように構成したことを特徴とする力触覚提示装置。

【請求項8】 請求項7に記載した力触覚提示装置において、摩擦係数の高い材料で形成された当接部を、搬送される帯状部材に接触させることで摩擦熱を発生させる発熱機

構を設けたことを特徴とする力触覚提示装置。

【請求項9】 請求項5に記載した力触覚提示装置において、

手や指の背面に装着される複数の被覆部材と、上記被覆部材のうちの隣合う部材同士を連結するとともに、手指の屈曲位又は伸展位の方向に力を付勢するための弾性部材と、

上記被覆部材にそれぞれ付設された複数対のワイヤー部材とを有し、

手指の屈曲又は伸展時には、駆動手段が、複数対のワイヤー部材を上記弾性部材による付勢力に抗して引っ張ることを特徴とする力触覚提示装置。

【請求項10】 請求項1に記載した触覚提示機構において、

触覚提示部材に磁性体又は永久磁石を付設するとともに指の被覆部材にはこれに対応する電磁石を付設し、あるいは触覚提示部材に電磁石を付設するとともに指の被覆部材にはこれに対応する磁性体又は永久磁石を付設することにより触覚提示部材の駆動手段を構成したことを特徴とする触覚提示機構。

【請求項11】 請求項5に記載した力触覚提示装置において、

触覚提示部材に磁性体又は永久磁石を付設するとともに指の被覆部材にはこれに対応する電磁石を付設し、あるいは触覚提示部材に電磁石を付設するとともに指の被覆部材にはこれに対応する磁性体又は永久磁石を付設することにより触覚提示部材の駆動手段を構成したことを特徴とする力触覚提示装置。

【請求項12】 請求項1に記載した触覚提示機構において、

触覚提示部材にギヤ部を形成を付設するとともに、指の被覆部材にはこれに対応する駆動ギヤ及びモータ部を付設することにより触覚提示部材の駆動手段を構成したことを特徴とする触覚提示機構。

【請求項13】 請求項5に記載した力触覚提示装置において、

触覚提示部材にギヤ部を形成を付設するとともに、指の被覆部材にはこれに対応する駆動ギヤ及びモータ部を付設することにより触覚提示部材の駆動手段を構成したことを特徴とする力触覚提示装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、指への触覚提示のための機構及びワイヤー部材で装具を駆動するタイプの力触覚提示装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】仮想現実（バーチャルリアリティ）、遠隔現実（テレリアリティ）等の分野では、視覚情報や聴覚情報に加えて対象者に力覚や触覚を提示するための力触覚提示装置が使用され、この種の装置には、例えば、

シャフトアームを使った機構の場合、複数のシャフトアームに対して指や手を設置・固定して、当該シャフトアームの変位を位置検出器（ポテンシオメータ等）によって検出することで人体の各部位の動きを認識したり、あるいはシャフトアームからの反力を利用して力覚を対象者に与えることができるようにしたものが知られている。また、力覚提示用のデータグローブ等では、アクチュエータや小型エアシリンダ等によって駆動される骨格構造（人体の内骨格とは別の部材として外部から人体に付設されるという意味で「外骨格」と称される。）を指や手等に付設し、外骨格からの反力によって力覚が得られるようにした装置が知られている。

#### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の装置にあっては、指への触覚提示のための機構部をコンパクトに作成することができなかつたため、装置の重量が重くなったり、機構の複雑化を伴う等の問題がある。

【0004】即ち、触覚提示機構の重量化は対象者の指動作の鈍化の原因となり、また、機構の複雑化は部品点数の増加やコスト高をもたらす原因となる。

【0005】そこで、本発明は、触覚提示機構のコンパクト化、単純化を課題とする。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は上記した課題を解決するために、指に装着される被覆部材に対して回動可能な状態で取り付けられる触覚提示部材と、触覚提示部材を駆動するための駆動手段とを有し、駆動手段によって触覚提示部材を回動させて当該触覚提示部材により指の掌面を押圧することで指に触覚を提示するように構成したものである。

【0007】従って、本発明によれば、被覆部材に対して触覚提示部材を設けて、これを回動させるだけで、指の掌面に指に触覚を提示することができるので、機構が簡単になり、触覚提示機構をコンパクトに作成することができる。

#### 【0008】

【発明の実施の形態】図1は、本発明に係る触覚提示機構の基本構成を示したものであり、触覚提示機構1は、触覚提示部材1aと、これを駆動するための駆動手段1bとを有しており、触覚提示部材1aで指の掌面を押圧することで指に触覚（クリック感）を提示することができる。

【0009】図示するように、触覚提示部材1aは、指に装着される被覆部材1cに対して回動可能な状態で取り付けられている。つまり、指先の背面を覆う被覆部材1cの先端には、回動軸1dを介して触覚提示部材1aが設けられており、駆動手段1bによって触覚提示部材1aが回動軸1dの回りに駆動される構成となっている。従って、同図に矢印Rで示すように、触覚提示部材1aは指先の掌面側に回り込むようにして指先部分に接

触され、そのときの押圧力（触覚に係る強弱）又は接触の有無が駆動手段1bによって規定される。尚、この駆動手段1bについては、被覆部材の背面を通して触覚提示部材1aに先端部が固定されたワイヤー部材及びその駆動機構を用いる方法や、被覆部材1cに取り付けられたモータ及び減速機等の動力伝達機構や、被覆部材と触覚提示部材にそれぞれ付設された磁石（又は磁性体）や電磁石を含む電磁式プランジャを使った方法等、各種の形態が挙げられる。また、触覚提示部材1aによって指に加わる押圧力の度合を検出するためには、触覚提示部材の位置や状態を検出するセンサ、あるいは触覚提示部材のうち指との接触場所に圧力センサを配置する等、各種の方法が挙げられる。

【0010】指先に温覚を提示するには、触覚提示部材1aに対して発熱素子又は吸熱素子を設けることが好ましく、例えば、ペルチェ素子等を使った発熱／吸熱部1eを触覚提示部材1aのうち指との接触場所に配置するとともに、その場所での温度を検出する温度検出用のセンサを設け、当該センサで得られた検出値が指令値となるように発熱／吸熱部1eについてフィードバック制御を行えば良い。

【0011】図2は指先に素材の感触を提示するための触覚提示機構2の基本構成を示すものである。

【0012】触覚提示部材2aには、駆動ローラー2bと従動ローラー2cとが付設されており、これらのローラー部材に亘って無端状の帯状部材2dが張設されている。そして、駆動手段2eにより駆動ローラー2bを回転させることで帯状部材2dが無限軌道を描きながら搬送され、帯状部材2dの一部が指に接触する構成となっている。

【0013】つまり、触覚提示部材2aのうち、その回動軸1dに近い場所に駆動ローラー2bが設けられ、回動軸1dから遠い方の端部に従動ローラー2cが設けられており（駆動ローラーと従動ローラーとの位置関係は逆でも良い。）、両ローラーに亘って帯状部材（例えば、絹、麻、木綿、毛糸、化学繊維等で形成した布）2dが張架されている。従って、駆動ローラー2bの回転によって、同図に矢印Kに示す方向（又はその逆方向）に帯状部材2dが搬送駆動される構成となっている。その際には、駆動ローラー2b又は従動ローラー2cの回転検出用に検出手段（センサ）を付設して、帯状部材2dの送り速度が速くなりすぎないように監視すること（即ち、帯状部材と指との過度の摩擦熱が発生しないようにすること）が好ましい。

【0014】また、この場合の温覚提示については、摩擦係数の高い材料で形成された当接部2fを、駆動ローラー2bにより搬送される帯状部材2dに対して接触させることで摩擦熱を発生させる発熱機構を設けると良い。即ち、帯状部材2dの駆動時において、当該帯状部材に接触することで摩擦熱を発生させるための摩擦熱発

生用部材（ゴム材料等の摩擦係数の高い材料で形成されている。）を当接部2fに用いて、例えば、触覚提示部材2aの回転軸1dに付設し、これを帯状部材2dのうち駆動ローラー2bの近辺に接触させる。尚、駆動ローラー2bが回転している間、摩擦熱発生用部材が帯状部材2dに対して常に接触されていると摩擦熱が常に発生することになるので、熱の提示が不要なときには摩擦熱発生用部材の帯状部材への接触を解除するための機構を設けることが好ましい（本機構は摩擦熱発生用部材と帯状部材との接触状態を加減して発熱量を制御する場合にも使用できる。）。

【0015】しかし、上記の構成では、触覚提示部材2aを回転させ、帯状部材2dを指の掌面に接触させた状態にすることで指に素材の感触を提示できることは勿論、この状態で駆動ローラー2bを回転させて帯状部材2dの搬送制御を行うことにより、指先に対して物体の移動を伴う触覚を提示することができる。さらには、当接部2f（摩擦熱発生用部材）を帯状部材2dに接触させたときに発生される摩擦熱が帯状部材から指先に伝達されることで温度を提示することができる。

【0016】次に、ワイヤー駆動タイプの力触覚提示装置について説明する。

【0017】この装置では、対象者に装着して使用する複数の装具と、装具を構成する被覆部材のうち、対をなす被覆部材に亘って架け渡された複数対のワイヤー部材と、該ワイヤー部材を駆動する駆動手段とを備えており、ワイヤー部材を介して駆動手段の力を装具に伝達することで対象者に力触覚を提示することができる。

【0018】そして、装具のうち手指に装着されるものについて上記の触覚提示機構1や2が付設される。

【0019】人体の筋については、1自由度の関節に対して最低2本の筋を協調動作させることによって屈曲や伸展を行っていることは周知の通りであり、例えば、指部における筋配置を図3に概略的に示す（「○」印は関節を示している。）。

【0020】指の背面には指伸筋が配置され、掌面側には深指屈筋と浅指屈筋が配置されている。

【0021】筋の代わりにワイヤー部材を使って関節の屈曲動作や伸展動作を行うためには、屈筋に相当するワイヤー（又はワイヤー群）と伸筋に相当するワイヤー（又はワイヤー群）を用意して、それらのうちの一方のワイヤーを緊張させたときに他方のワイヤーを弛緩させる制御を行えば良い。

【0022】但し、手指のように自由度の多い関節構造においてワイヤー群とその駆動系を屈筋及び伸筋毎に用意すると構成が複雑化し、多くの駆動源が必要になるので、装備の小型・軽量化にとって好ましくない。

【0023】そこで、このような関節に対応する場所には、各種の弾性部材（後述する渦巻バネや、コイルバネ等。）を付設することで駆動部や動力部の削減及び省ス

ペース化、軽量化を図ることが好ましい。即ち、手や指の背面に装着される装具については、これを複数の被覆部材から構成し、被覆部材にそれぞれ複数対のワイヤー部材を付設するとともに、被覆部材のうちの隣り合う部材同士を弾性部材によって連結して、手指の屈曲位又は伸展位の方向に力を付勢する構成を採用すると、ワイヤー部材の数を減らすことができる。

【0024】その際、下記に示す2形態が挙げられる。

【0025】（I）バネ部材の初期状態として関節の屈曲位を基準とし、この状態からワイヤー駆動により伸展位となる方向に装具の状態を変化させていく形態

（II）バネ部材の初期状態として関節の伸展位を基準とし、この状態からワイヤー駆動により屈曲位となる方向に装具の状態を変化させていく形態。

【0026】つまり、形態（I）では、バネ部材によって常に屈曲位となる方向への付勢力が常に作用しているので、装具の装着時にはワイヤーを駆動して装具を伸展位の状態にした上で対象者に装着する。

【0027】また、形態（II）では、バネ部材によって常に伸展位となる方向への付勢力が常に作用しているので、装具の装着時にはワイヤーを駆動する必要がない分、対象者への装具の装着は容易になるが、装具の状態を屈曲位の状態へと変化させるための機構や制御が形態（I）に比べて難しくなる。

【0028】図4は力触覚提示装置3の基本構成を示したものであり、対象者に装着して使用する複数の装具については、装具を構成する被覆部材のうち、対をなす被覆部材3a、3a、例えば、手首サポーターと肘部サポーターに亘って複数対のワイヤー部材3b、3bが架け渡されている。

【0029】そして、これらのワイヤー部材を駆動する駆動手段については、各ワイヤー部材をそれぞれ駆動するための駆動機構4、4と、そのサーボ制御や後述するクラッチ機構の制御を行うワイヤー駆動部5とを有する構成とされ、中枢制御部6からの制御信号を受けてワイヤー部材3b、3bの駆動制御を行う。

【0030】また、手部に装着されるサポーター（その詳細については後述する。）のうち、指部分のサポーター3af、3af、・・・には触覚提示機構4f、4f、・・・が指毎に付設されており、中枢制御部6からの制御信号を受けて駆動制御が行われる。

【0031】中枢制御部6は力触覚提示処理部7からの指令を受け取ってその内容を解釈し、これに従って各ワイヤー部材3bや各触覚提示機構4fを制御するための信号を生成するものであり、また、対象の動作認識を行う場合や力触覚提示制御中において、各ワイヤー部材の長さを検出するためのワイヤー長検出手段や、各ワイヤー部材の張力を検出するためワイヤー張力検出手段（これらは駆動機構4内に設けられている。）によって必要な情報を取得する。そして、触覚提示制御においては、上

記触覚提示部材による提示圧や帯状部材を搬送するための駆動ローラーの回転速度が常に許容範囲内で制御されるように管理している。

【0032】力触覚提示処理部7は対象に付与する力触覚について指示内容を決める部分であり、例えば、ゲーム機器の場合には、コンピュータ・グラフィックスを駆使して視覚提示される仮想空間内で展開される物語に合わせて力触覚の提示信号（指示信号）を所定の記録媒体から読み出し、提示のタイミングを制御する。また、医療用機器として利用する場合には、治療や診断時において対象者に付与する力触覚の指示内容を手動又は半自動で選択して決定するための制御を行う。

【0033】尚、この力触覚提示処理部7や中枢制御部6はコンピュータ等の計算手段を使って構成されるが、例えば、ワイヤー駆動部5をソフトウェアサーボで実現する場合にその一部又は全部をコンピュータ上でのプログラム制御に委ねることができる。

【0034】図では、前腕の肘部付近に装着される第1の被覆部材として肘部サポーターを示し、手首の尺骨及び橈骨の突起部分に装着される第2の被覆部材として手首サポーターを示しており、これらの両部材に亘って一対のワイヤー部材3b、3bが架け渡されている。そして、中枢制御部6からワイヤー駆動部5に送出される制御信号により、一方のワイヤー部材を引っ張り、かつ他方のワイヤー部材を緩めることで、前腕の回内又は回外動作に係る力覚を提示することができる。また、各ワイヤー部材に一定の張力をかけた状態でワイヤー長の検出を行うことにより回内・回外の状態を把握することができる。

【0035】手指の駆動については、上記したように、手や指の背面に複数の被覆部材を装着して、これらの被覆部材のうちの隣り合う部材同士を弾性部材で連結することによって、手指の屈曲位又は伸展位の方に力を付勢し、被覆部材にそれぞれ付設された複数対のワイヤー部材を駆動して、手指の屈曲又は伸展を行う時には、駆動手段を用いて、複数対のワイヤー部材を、弾性部材による付勢力に抗して引っ張るように制御を行う。尚、弾性部材として渦巻バネ、コイルバネ等を用いた具体的な構造については、後で詳述する。

【0036】また、ワイヤー部材の端部を駆動機構に接続するに際して、両者の結合を強固にし過ぎると、対象に無理な力が働いたときに問題が起きる虞があるので、ワイヤー部材の端部を、電磁クラッチ機構を介して駆動手段に結合し、ワイヤーの張力が閾値を超えた場合に、ワイヤー部材と駆動手段との結合が解除されるように安全対策を講じることが望ましい。例えば、後述するように、ワイヤー部材に対して固定された永久磁石又は磁性体と、駆動手段のうちワイヤー部材との結合部分に設けられた電磁石とによって、電磁クラッチ機構を構成することができる。

【0037】

【実施例】図5乃至図69は、本発明を映像や音声情報の提示とともに力触覚提示を行う装置に適用した例を示すものである。

【0038】尚、力触覚提示の前提となる世界は2つあり、その1つは「仮想現実」の世界、もう1つは「仮想イリュージョン」の世界である。

【0039】図5は両者の相違点を比較して説明するための概念図であり、「仮想現実」の世界では、人が現実体験している現象を、映像や音声、力触覚の提示等を駆使することで仮想的に模倣し、当該現象によって人が受ける効果を同じ感覚でもって現出させることが目的となる。例えば、図示するように、「人が現実世界で本を手にとって読み始める。」という状況を考えた場合に、人は本からの視覚情報の他、本の重量感や本に触ったときの質感を感じとることができる。仮想現実の世界では、この状況と等価な環境を現出させるために、例えば、実体のない仮想の本VBを映像情報として対象者に供与するために対象者に視覚表示装置VD（ヘッドマウントディスプレイ等。）を装着してもらうことによって視覚情報を提供するとともに、力触覚提示装置を用いて本にかかる重力によって引き起こされる力覚や、本の表紙や紙面から受ける触覚の情報を提供する。つまり、この世界での仮想的体験は常に現実世界での体験と比較したり、対比することができる性質のものである。

【0040】これに対して仮想イリュージョンの世界では、人が現実世界において実際に体験することが不可能な現象を、映像や音声、力触覚提示等を駆使することによって未体験の感覚として提示する。例えば、図示するように、「人が仮想世界で本を手にとって読み始める。」という動作を行うと、「本が砕けてその中から出た来た雪だるまが本の内容を人に語りかける。」といった非現実的な状況を仮想的かつ視覚的に現出させたり、力触覚提示装置を用いて雪だるまの重量から受ける腕の力覚や、手触り等の触覚情報、温度情報を提供することができる。つまり、この世界での体験は現実世界において起こり得ないものであり、現実世界の体験と比較されることがない。

【0041】力触覚の提示にあたっては、このような2つの世界を十分に考慮した上で力触覚提示装置の構成及びその制御を行う必要がある。

【0042】図6は装置全体のハードウェア構成例を示したものであり、対象者に装着して使用する装具類8と、その制御を司る中央制御部9、そして、これらの間に介在されて検出情報や出力情報の伝達を中継する入出力インターフェイス部10を具備している。

【0043】先ず、装具類8には、例えば、下記に示すものが含まれる。

【0044】(i) 頭部に装着される視覚表示及び音声出力装置（ヘッドマウントディスプレイ等）



(ii) 両手に装着される力触覚提示及びモーションキャプチャー用の装具

(iii) 胸部や腰に装着される装具。

【0045】尚、本例では左右の手、前腕、上腕に対する触覚や力覚の提示や動作認識のための装具を使用しているが、脚等にも専用の装具を装着して力触覚の提示及び対偶の動作認識を行っても良いことは勿論である。また、装具全体を一体的に形成してこれを統括的に制御するよりは、各装具について各別に制御できる構成を採用すると、例えば、下記に示す利点が得られる。

【0046】・装具をニーズに応じて変更したり、装具の追加が容易である

・配線の削減や配線変更に対して柔軟に対処できる。

【0047】上記(i)の視覚表示及び音声出力装置11は、中央制御部9から入出力インターフェイス部10を通して送られて来る映像情報を対象者の眼前に映し出すものであり、中央制御部9から入出力インターフェイス部10を通して送られて来る音声情報(音楽や声等。)を出力する音声出力手段(ヘッドホンやスピーカー等)が内蔵されている。これによって映像と音声の情報を装置に対して同時的に受け渡すことができる。尚、本装置には磁気センサあるいはポヒマス・センサ(polhemus sensor)等が付設されており、対象者の頭部の位置や姿勢(傾き等)に関する検出情報を得ることができるようになっており、該検出情報は入出力インターフェイス部10を通して中央制御部9に送出される。

【0048】上記(ii)の装具は手や腕に対する力触覚の提示及びこれらの動作認識のための機能を有しており、ワイヤーを使用した方法を採用している。尚、本装具と入出力インターフェイス部10との間でやりとりされる情報は多岐に渡るので、装具の機構説明の後に詳述する。

【0049】上記(iii)の装具は胸椎や腰椎等に対する装具であり、これにはジャイロセンサが付設されている。つまり、ジャイロセンサは当該装具の位置や姿勢(傾き等)に関する検出情報を得るものであり、該検出情報は入出力インターフェイス部10を通して中央制御部9に送出される。

【0050】このように、装具類8は、複数の部分によって構成されるが、以下では、(ii)の装具について説明する。

【0051】図7乃至図9は装具の構成例を概略的に示したものであり、装具12は、手及び手首に装着される装具部分12H(以下、「手部サポーター」という。)と、前腕の肘寄りの部分に装着される装具部分12A(以下、「前腕部サポーター」という。)と、肘部での結合のために必要とされる装具部分12B(以下、「肘部結合用サポーター」という。)と、上腕部に装着される装具部分12U(以下、「上腕部サポーター」という。)とからなっている。

【0052】これらのサポーターの装着にあたっては、例えば、図7に示すように、手を水平方向に伸ばして掌を上向きにした状態において、手部サポーター12Hを手の甲側、つまり、下側から装着し、前腕部サポーター12Aについても同様に前腕の下側から装着する。そして、肘部結合用サポーター12B及び上腕部サポーター12Uについては上方から肘部や上腕部に装着する。尚、肘部結合用サポーター12Bは前腕部サポーター12Aに結合される(図の2点鎖線を参照。)。また、上腕部サポーター12Uは上腕に巻き付けて使用できる形状を有している。例えば、1対のリング状部分12Urと12Ucとが連結部12Uc、12Uc(図にはその一方だけを示す。)によって結合されており、各リング状部分については帯状部材を上腕に巻き付けた上で、その端部同士(上腕三頭筋に対応する部分であり、その割り位置を図に破線の円で示す。)を面状ファスナー等を用いて結合することでリング状部分12Urが環状となって上腕に巻着された状態になる。

【0053】尚、装着の容易性を考慮した場合には、各サポーターを手や腕に対して同じ方向から装着できるようにすることが好ましい。例えば、図8に示すように、肘部結合用サポーター12Bを前腕部サポーター12Aに結合した状態(両サポーターをボタン止めによって結合する等。)にして肘部の下側から装着できるようにするとともに、上腕部サポーター12Uについては、各リング状部分12Urを構成する帯状部材を上腕に巻き付けた上で、その端部同士(上腕二頭筋に対応する部分であり、その割り位置を図に破線の円で示す。)を面状ファスナー等で結合して上腕に巻着できるようにする。これによって、全サポーターを予め組み立てて結合させた状態にしておいてから、これを同じ方向(図の下方から上方に向かう方向)から手及び腕に容易に装着することができるようになる。また、肘部結合用サポーター12Bを前腕部サポーター12Aに結合した状態では肘部結合用サポーター12Bの形状如何によって装着し難くなる場合があるので、そのときには肘部結合用サポーター12Bの中央部において腕の長さ方向に延びるスリットや切れ目等を形成すると良い。

【0054】図9は全サポーターの上肢への装着を完了した状態を示している。

【0055】次に、各サポーターの構成について順を追って説明する。

【0056】図10乃至図12は左手用の手部サポーターの構成例について説明するための図である。

【0057】図10は手部サポーター12Hの斜視図、図11は平面図、図12は側面図をそれぞれ概略的に示しており、これらの図において人間の手や腕に相当する部分は二点鎖線で示している。

【0058】手部サポーター12Hは、下記に示す部分を有する構成とされている。

【0059】第1乃至第5指に対して背面側からそれぞれ装着されるサポーター12HA（以下、「手指サポーター」という。）

・手の甲に装着されるサポーター12HB（以下、「甲面サポーター」という。）

・手首に巻き付けるためのサポーター12HC（以下、「手首サポーター」という。）

・ワイヤーの駆動部（図10では図示を省略しているが、この構成については後述する。）を搭載するためにヒレ状に設けられたサポーター12HD（以下、「駆動ベースサポーター」という。）

【0060】尚、これらのサポーターに使用する材料については、例えば、スプリント材（熱可塑性プラスチック）等が挙げられるが、できるだけ薄くて軽い材料が好ましい。

【0061】各手指サポーター12HAは、基本的には医療用指サックの形状を模して形成されており、伸展位の指背面を全体的に覆うことができるように、各指の骨に対応した被覆部を、バネ部材を使って指の側面で連結した構成を有する。つまり、第2乃至第5指については、各指の基節骨、中節骨、末節骨のそれぞれに対応した被覆部12HA1、12HA2、12HA3がそれぞれ各別に設けられており、拇指については末節骨と基節骨とにそれぞれ対応した被覆部12HA1、12HA2が各別に設けられている。そして、これらの被覆部は面状ファスナー等を使って指に固定される。

【0062】図10乃至図12において多重円で示す部材は、隣り合う被覆部を指の側面において連結するための渦巻バネを表している。尚、自由度の多い指において関節に対応する場所には各種のバネ部材を付設した構造を採用すると、動力部の削減や省スペース化、軽量化を図るのに効果的である。つまり、人体の関節は単純な軸運動ではなく曲面同士の結合により瞬間中心（瞬間的な軸の中心となる位置）が変動しているため、この影響を除去するためには関節に対応する位置に適切なバネを使用する必要がある。

【0063】図13は渦巻バネ13の形状例を示したものであり、渦の中心部13aを起点として外側にいくに従って次第に半径を増して最終的には互いに反対側に突出して延びる2つの端部13b、13bが形成されており、これらの端部が端部が隣り合う被覆部にそれぞれ固定されることで両被覆部に渦巻バネが架け渡されることになる。尚、この渦巻バネの材質としては、SWPB（ピアノ線の棒）等が挙げられる。

【0064】渦巻バネ13は、各指の関節に対応する指の両側面の位置に配置されるようになっており、例えば、第2指乃至第5指の場合には、DIP関節（遠位指節間関節）やPIP関節（近位指節間関節）に対応する指側面にそれぞれ渦巻バネが配置された構成になる。

【0065】尚、渦巻バネについては、図14の大円内

に拡大して示すように、2連にした構造や、3角形の各頂点位置に渦巻バネをそれぞれ配置して連結して3連の構造等を用いることができ、これらによって各渦巻バネの巻き径が小さくても指の長手方向に沿ってバネが充分にたわむようになり、また、線材同士の接触に起因する曲げ角度の制限を緩和することができる。図に示す例では、指の末節に対して背面から付設された被覆部12HA1と、中節に対して背面から付設された被覆部12HA2との間に、2連構造の渦巻バネ13、13が指の側面において架け渡されており、該被覆部12HA2と、基節に対して付設された被覆部12HA3との間には、3連構造の渦巻バネ13、13、13が指の側面において架け渡されている。

【0066】このような渦巻バネの採用は、サポーターの位置ずれ等に起因する動作時の違和感を軽減するのに有効である。尚、渦巻バネにおいて線材同士の接触が生じないようにするためには渦巻の形状を円形状でなく扇状にする等、干渉が起きないようにするための工夫を要する。

【0067】また、各渦巻バネの反力に関するバラツキを低減するためには、反力を微調整するための機構を設けることが望ましい。

【0068】図15乃至図17はバネ強度の調節機構について引張バネを使った構成例を示したものである。

【0069】図15に示すように、調節機構14は、指の末節に対する被覆部12HA1と中節に対する被覆部12HA2とに跨る状態で両部材に取り付けられている。

【0070】図16は、巻き上げタイプの機構例14Aを示すものである。尚、同図の（A）、（B）に示す図は、異なる状態での平面図をそれぞれ示し、（C）に示す図が（A）のC-C線に沿う断面図、（D）に示す図が（A）のD-D線に沿う断面図を示している。

【0071】図示するように、2つの部材15、16との間で2本の引張バネ（あるいは引張コイルバネ）17、17が張設された状態となっている。尚、一方の部材15が被覆部12HA1に固定され、他方の部材16が被覆部12HA2に固定される。

【0072】部材16を構成する筐体16aの内部には、2本の引張バネ17、17が部分的に挿通される案内用の通路18、18が形成されており、各引張バネ17の一端部がワイヤー19、19の一端にそれぞれ接続されており、各ワイヤーの他端部19aが巻き上げ軸20（円柱軸）に巻着された状態で固定されている。そして、各引張バネ17の他端部は上記の部材15に固定されており、当該部材と巻き上げ軸20との間で引張バネ17の長さが調節できる構成となっている（図に示す「ΔL」を参照。）

【0073】巻き上げ軸20は、その両端部が筐体16aの側面に形成された支持孔21、21にそれぞれ挿通



されることで回転可能な状態で支持されており、(A)図、(B)図に示すように、その中程の部分には巻き上げ軸20の回転中心軸と同軸であってこれより大径とされた2つの円板部22、22が一体的に形成されている。そして、円板部22、22の間には、両円板部22よりは小径の歯状部23が形成されており、上記通路18、18の間に位置するように形成された凹部24内には、ストッパー25と、該ストッパー25の爪部(先端部)25aを歯状部23の歯の間に当接させて押しつけるための付勢力を得る圧縮コイルバネ26が収容されている。尚、ストッパー25の爪部25aと歯状部23とは、両者の係合関係においてラチェット機構を構成しており、円板部22、22を(D)図の時計回り方向に回転させて引張バネ17を伸張させること(バネの巻き上げ動作)はできても、その逆、つまり、円板部22、22を(D)図の反時計回り方向に回転させて引張バネ17を緩めることはできない構造になっている(尚、ストッパー25の爪部25aの解除機構については説明を省略する。))。

【0074】しかし、本構成では、円板部22、22を操作してこれを回転させることによって引張バネ17、17の長さを調整することができるので、渦巻バネ13と調節機構14Aとを組み合わせることで反力の微調整を行ってそのバラツキを小さくすることができる。

【0075】図17はスライドタイプの機構例14Bを示しており、(A)に示す図は平面図、(B)に示す図は、(A)図のB-B線に沿う断面図を示している。

【0076】被覆部12HA2に固定される部材16Bの筐体16Ba内には、スライダ27が摺動可能な状態で収容されており、各引張バネ17の一端部がこのスライダ27に固定されている。即ち、各引張バネ17のうち、部材15に固定された端部とは反対側の部分が、筐体16Baに形成された2つの挿通孔28、28を通してそれぞれ筐体16Ba内に導入された上でスライダ27に固定されている。

【0077】スライダ27には、これを引張バネ17の長手方向に沿って移動させる際に操作するための操作部27aが形成されるとともに、その位置を保持するために(B)図の上方を向いて突設した三角爪27bが形成されており、該三角爪27bは、図示するように、筐体16Baの上面部において横に突き出した突起部29、29(図には簡単化のため2対だけを示す。)に係合される。つまり、当該突起部29、29に対する三角爪27bの係合位置によってスライダ27の位置が決まることになる。尚、(B)図に示すように、三角爪27bのやや下方の位置にはスリット27cが形成されており、突起部29、29に対する三角爪27bの係合を解除する際に、三角爪27bの形成部分が容易に歪むように配慮されている。

【0078】しかし、本構成では、スライダ27を

操作して、その三角爪27bと突起部29との間の係合時の位置関係を規定することにより当該スライダ27の位置決めを行うことで、スライダ27と部材15との間に張設された引張バネ17、17の長さを調整することができる。これにより、渦巻バネ13とこの調節機構14Bとを組み合わせることで反力の微調整を行い、そのバラツキを小さくすることができる。

【0079】図18は、渦巻バネ13のバネ強度を調節するための調節機構30を渦巻バネの付け根に設けるようにした構成例を示したものである。

【0080】この場合には、渦巻バネ13の一端部13bがスライド機構31を構成するスライダ32に固定されており、該スライダ32の位置を規定することでバネ強度の調節が可能である。

【0081】即ち、収容部33内に摺動可能な状態で受け入れられたスライダ32において、スリット32aが形成された部分の断面形状が略コ字状をなしており、その一方の先端部に係止爪32bが形成されている。そして、該係合爪32bは収容部33に形成された複数の係止孔33a、33a、・・・のうちのどれかに係合されるようになっており、この状態で別の係止孔33bに固定ピン34を通してスライダ32を螺止め等で固定することで当該スライダ32の移動を阻止して、その位置規定を指の長さ方向において行うことができる。

尚、渦巻バネ13の他方の端部13bについてはこれを被覆部に直接固定しても良いし、又は調節機構30と同様の調節機構を介して被覆部に固定しても良い。

【0082】図19は指の大きさ(幅)に合わせた被覆部の調整機構の一例を概略的に示したものであり、

(A)図が小さい指への付設状態、(B)図が大きい指への付設状態をそれぞれ示している。

【0083】この例では被覆部12HAが3つの部分12HA $\alpha$ 、12HA $\beta$ 、12HA $\gamma$ から構成されており、これらが蝶番バネ等で形成された回転軸35、35によって連結されている。尚、3つの部分のうち両端に位置する部分の末端には上記調節機構30、30が回転軸35、35を介してそれぞれ結合されている。

【0084】上記した例では、関節に対応する指の側面に渦巻バネを配置する構成としたが、渦巻バネの代わりに、被覆部の背面に蝶番式コイルバネを用いた構成を採用しても良く、その構成例を図20に示す。

【0085】各被覆部の背面において、12HA1と12HA2との間、12HA2と12HA3との間にはこれらの部材を連結するための背面バネ36、36が取り付けられており、該背面バネ36は横断面形状が四角形状(正方形や長方形等)をなしたコイルバネの部分36a、36aと当該部分を連結する蝶番部36bとから構成されている。

【0086】これらの背面バネ36は、図20(B)に示すように、その初期状態において屈曲位となるように

設置され、後述するワイヤー部材（被覆部の背面に沿って配置される。）の引張力により、図20（A）に示すように、伸展位となるよう動作させることができる。その際、コイルバネの干渉によって指の屈曲、伸展に支障を来さないの、動作がぎこちなくなることはない。尚、バネの初期状態として指の伸展位の状態（つまり、（A）図の状態）としても構わないが、その場合にはワイヤー部材の引き廻しを掌面側にする必要がある。

【0087】図21や図22に示すように、各指の指サポーター12HAには、2本のワイヤー部材37、37（シリコンチューブにタングステン製ワイヤーを通したもの。）がそれぞれ設けられており、これらは各被覆部の背面において指の長さ方向に沿って延び、甲面サポーター12HB、手首サポーター12HCを経て駆動ベースサポーター12HD上にまで及んでいる（これらのワイヤーの伸張は駆動ベースサポーター12HDに取り付けられた図示しない駆動機構部により制御されるが、その詳細は後述する。）。

【0088】図23は被覆部におけるワイヤー端部の固定方法について説明するためのものであり、ワイヤー37の端部は、小径のフランジ付プーリ38（あるいは糸巻）に数回に亘って巻き付けられた後で、その先端部37aと、ワイヤー37のうちプーリ38への巻着部の手前側の部分37bとが固定用の止め金具39を用いて加締止めされている。この部分をサポーターの被覆部に埋設するか、あるいはネジ止め等で被覆部に固定することによりワイヤーの一方の端がサポーターに取り付けられる。

【0089】各指の付け根の部分にそれぞれ装着される被覆部材の間には、V字状バネを配置してそのバネ掛け部を隣り合う被覆部材にそれぞれ固定した構成が用いられ、例えば、図24に示すように、第2指乃至第5指の各指サポーターの間においてMP関節（中手指節関節）の近辺にV字状バネ40、40、40が付設されている。つまり、これらのV字状バネは第2指と第3指との間、第3指と第4指との間、第4指と第5指との間において、基節に対する被覆部の側面にそれぞれ取り付けられており、当該バネの初期状態は手指部の外転位であって手の甲を平にした状態を基準としている。これは外転位を初期状態として内転動作を行うため及び手部の対立動作を行うため、そして、各指サポーターを連結することによる強度向上のためであるが、V字状バネに内転、外転の機能を付与しない場合にはバネの内転位を初期状態とすれば良い。また、後述する対立動作のための機構を採用する場合にはV字状バネを不要にすることもできる。

【0090】図25はV字状バネ40の形状例を示したものであり、（A）が側面図、（B）が（A）において矢印B方向から見た図である。

【0091】V字状バネ40は、その断面形状が円形状

をしたコイル部40aと、該コイル部から突設された2本のバネ掛け部から構成されており、バネ掛け部については、コイル部40aから延長された直線部40b、40bが側方からみてハ字状に延びている。つまり、その端部40c、40cがバネ掛け片としてコ字状に屈曲された形状になっており、これらが被覆部に取り付けられる。

【0092】手の甲の背面に装着される被覆部材としての甲面サポーター12HBについては、これを複数の構成部材から構成し、各構成部材を蝶番部材で連結されており、かつ、連結された部材同士の間隔を自在に変化させるためのスライド機構を蝶番部材に対してそれぞれ設けた構造が望ましく、例えば、図26に示すように、第3指と第4指との間を通して紙面に垂直に延びる平面によって2つに分断された被覆部12HBa、12HBaを有しており、両被覆部は、同図に1点鎖線で示す軸「R-R」（これが対立動作の中心軸となる。）の回りに回動可能な状態で連結されている。

【0093】尚、図示する例では、被覆部12HBa、12HBaを連結する部材が、3つの蝶番バネ41、41、41と、これらの各蝶番バネを軸R-Rに直交する方向にスライド可能な状態で支持するための支持機構42、42、42を備えている。つまり、被覆部同士を単に蝶番バネ41で接合しただけの構造において、外転位の状態では、掌面を平らにした状態（掌面をほぼ平面状にした状態であり、以下、この状態を「平坦位」という。）でしか被覆部12HBa、12HBaを手の表面に密着させることができず、手をつぼめて湾曲させた状態（掌面を凹面状に湾曲させた状態であり、以下、この状態を「湾曲位」という。）において、手の甲の表面に被覆部12HBa、12HBaを十分に密着させることが難しいからである。

【0094】図27は蝶番バネ41の形状例を示すものであり、（A）に示す図はコイル部41aの軸方向から見た側面図、（B）は矢印B方向から見た図、（C）は矢印C方向から見た図である。

【0095】コイル部41aの両端部からそれぞれ突出してコ字状に屈曲された一対の屈曲片41b、41bは、（A）の図に示す状態では、角度「 $\phi$ 」をなしている。尚、蝶番バネ41の自然状態（無負荷状態）では、この角度 $\phi$ が180度より稍小さい値とされ、よって、コイル部41aの軸方向から見た蝶番バネ41の状態がへ字状になっている（これは平坦位における手の甲の背面が全くの平坦面でないことに依る。）。

【0096】図28は蝶番バネ41の支持機構42の一例についてその要部のみを示したものであり、（A）はバネの収容状態を示し、（B）はコイル部41aの軸方向から見た状態の変化を示している。

【0097】収容部（あるいはハウジング）43、43は、蝶番バネの屈曲片41b、41bをそれぞれ収容す

るものであり（図には、一方の屈曲片41bとのその収容部43だけを示す。）、開口44、44が形成されている。つまり、コイル部41aの一端部から出た屈曲片41bの一部分が一方の開口44を通して収容部43内に受け入れられた状態になっており、開口44と44との間には、屈曲片41bの抜け止め用にストッパー突部45が形成されている。そして、蝶番バネ41は、（B）図に示すように、屈曲片41bが収容部43内に殆んど収まった状態と、屈曲片41bの大半部が収容部43から出た状態との間に亘って摺動が可能である（図の「Δx」を参照。）。

【0098】尚、図28では便宜上、一方の屈曲片41bについてのみ図示しているが、他方の屈曲片41bについても同様に示して収容部43内において摺動可能な状態で受け入れられている。

【0099】また、蝶番バネ41の摺動時において、その移動方向をより確実に規定するためには、蝶番バネを案内するためのガイド手段（ガイド溝等）を収容部43内に設け、これに対応した被ガイド部を蝶番バネの屈曲部に形成する等の構成を用いることが好ましいが、図28には基本的な構成だけを示し、それ以上の詳細な機構等の説明は割愛する。

【0100】上記した軸R-Rについて、ゴム等の弾性部材で形成した1つの円柱軸46により被覆部12HBa、12HBaを連結する場合には、図29に示すように、円柱軸46の側面に対して支持機構42、42、・・・を付設すれば良い（図では円柱軸46の両端寄り部分及び中央部に嵌合された部材を各支持機構42によってそれぞれスライド可能な状態で支持している。）。

【0101】また、図26や図29に示す構成では、甲面サポーター12HBを2つの部分に分断したが、これに限らず、第2指と第3指との間、第4指と第5指との間についても同様に被覆部を分断して、これらを回動可能であってかつ回動軸に直交する方向にスライド可能な状態とすることが望ましい。

【0102】甲面サポーター12HBを構成する被覆部12HBa、12HBaと各指サポーター12HAとの連結構造については、例えば、各被覆部の背面に図28で示したスライド機構42を付設することにより、蝶番バネ41で被覆部12HBa、12HBaと指サポーターの被覆部12HA3とを連結する方法が挙げられるが、図26や図29に示すように、手の甲の背面に装着される被覆部材には、指毎に内転・外転のための動作機構（あるいは回動機構）47、47、・・・をそれぞれ付設するとともに（図にはそれらのうちの2つだけの部分だけを示す。）、当該機構を構成する回動部材の先端部に渦巻バネ（13、13、13）を付設してこれを指サポーター（12HA3）に連結することが好ましい。

【0103】各動作機構47は、各指に対して設けられる一対のワイヤー部材を各別に駆動する際の軸運動によ

って内転・外転方向への動作を可能にするために指毎に付設されるものであり、内転・外転に係る向きの違いを除いていずれも同様の構成を有しているため、以下では、その一つだけを取り出して説明する。

【0104】図30において、動作機構47を構成する回動部材47aは被覆部12HBaに形成された収容部48内にその大半部が受け入れられた状態とされ、図に示す点「RC」を回動中心として、矢印「R」の方向に回動し得る構成となっている。尚、回動部材47aのうち点RCとは反対側の端部には渦巻バネ（13、13、13）が固定されているが、その構成については後で詳述する。

【0105】収容部48内の空間については、回動部材47aのうち回動中心点RCの付近では回動部材47aとの隙間が少なくなっているが、回動中心点RCから遠ざかるにつれて次第に隙間が大きくなっていき、図示する例では、収容部48の開口付近に板バネ49が付設されている。この板バネ49は、その一端部が収容部48の側壁に回動可能な状態で取り付けられており、回動部材47aに対して一定方向（図の時計回り方向）への付勢力を与えるものである。

【0106】つまり、その初期状態においては、（A）図に示すように、板バネ49の付勢力によって、当該板バネ49とは反対側に位置する収容部48の側壁に回動部材47aが押しつけられた状態となっているが、外転時には、（B）図に示すように、回動部材47aが板バネ49の力に抗する方向に回動していき、最終的には回動部材47aがそれ以上回動できない状態となる（内転時にはこれとは逆に（B）の状態から（A）の状態へと変化する。）。

【0107】尚、図31の動作機構47Aに示す例では、板バネ49の代わりに2つの磁石（永久磁石又は電磁石）50、51が使用され、その一方の磁石50が収容部48の開口付近の内壁に固定され、他方の磁石51がこれに対向した回動部材47aの側面に固定されている。よって、本構成では、初期状態においては、磁石50と51との間に働く斥力により回動部材47aが収容部48の側壁（図の上方に位置する側壁）に押しつけられた状態となっているが、外転時には回動部材47aが磁石同士の反発力に抗して図の反時計回りに回動していくことになる。

【0108】また、図30に示した例では、回動部材47aと収容部48との隙間が回動中心RC近辺で狭くなっているが、これに限らず、図32の動作機構47Bに示すように、回動中心RCを収容部48Bの開口近辺に設定するとともに、当該回動中心RCから遠ざかって収容部48Bの奥に入るにつれて回動部材47aとの隙間が次第に大きくなるようにし、回動部材47aの端部と収容部43の側壁との間に板バネ52を配置した構成を用いても構わない。

【0109】要するに、第2指及び第3指については第1指に近付く方向に回動部材47aが回動できるようにし、また、第4指及び第5指については第3指から遠ざかる方向に回動部材47aが回動できるように、各収容部内に回動部材の可動範囲をそれぞれ確保すれば良い。

【0110】回動部材47aのうち、収容部48から突出した端部には、渦巻バネを使った連結部が設けられており、指サポーターに固定される。

【0111】図33はその構成例の要部を部分的に示したものであり、図13に示した渦巻バネを3つ用意し、これらを横一列に並べた上でそれぞれの中心部を軸部材53で結合し（例えば、図の大円内に拡大して示すように2つの半円柱状部材53a、53aで各渦巻バネの中心部を挟み込んだ上で、半円柱状部材53aの両端部に円環状部材54、54を装着（環装）する等。）、各渦巻バネ13の一端部を回動部材47aに固定し、他端部を上記した指サポーターの被覆部12HA3に固定する。尚、複数の渦巻バネを並設する理由は、内転・外転運動時におけるバネのたわみを減少させるためであり、軸部材53を付設することによってさらにたわみを少なくすることができる。

【0112】これらの渦巻バネの初期状態としてはMP関節の屈曲位を基準としているが、MP関節の屈曲・伸展をスムーズに行うためには、スライド式の反力調整機構を付設することが好ましい。

【0113】図34はスライド式反力調整機構の構成例55を示すものであり、(A)図は平面図、(B)図は(A)におけるB-B線に沿う断面図を示している。

尚、一对のスライド機構55a、55bのうち的一方55aが指サポーター側の被覆部に取り付けられ、他方55bが甲面サポーター12HB側の被覆部に取り付けられる。

【0114】各渦巻バネ13はスライド機構55aと55bとの間に挟まれた状態で、その両端部が各スライド機構のスライド部材56a、56bにそれぞれ固定されている。つまり、スライド機構55aを構成するスライド部材56aの一端部には各渦巻バネ13の端部が固定され、他端部が収容部材57a内に受け入れられた状態で2つのコイルバネ58a、58aが固定されている。

【0115】これらのコイルバネ58a、58aは、互いに平行な位置関係をもって収容部材57a内に配置されており、各コイルバネのうち、スライド部材56aに固定された方とは反対側の端部が操作部材59aに固定されており、該操作部材59aの位置を規定することによってスライド方向におけるコイルバネの反力を調整することができるように構成されている。尚、操作部材59aに形成された係合部60aは、収容部材57aに形成された図示しない複数のストッパ溝の一つに係合されることで操作部材59aのスライド方向における位置決めがなされる。また、収容部材57aに形成されて渦巻

バネの付近まで張り出した部分61はMP関節に対応した突起部（これがないとワイヤー部材が皮膚に接触する虞がある。）である。

【0116】他方のスライド機構55bについても上記スライド機構55aと同様の構成を有しており、スライド部材56bの一端部に各渦巻バネ13の端部が固定され、他端部が収容部材57b内に受け入れられた状態で2つのコイルバネ58b、58bが固定されている。つまり、互いに平行な位置関係をもって収容部材57b内に配置されたコイルバネ58b、58bのうち、スライド部材56bに固定された方とは反対側の端部に操作部材59bが固定されており、該操作部材59aに形成された係合部60bを、収容部材57bに形成された図示しない複数のストッパ溝の一つに係合させることで操作部材59bのスライド方向における位置決めを行い、これによってスライド方向におけるコイルバネの反力を調整することができる構成となっている。

【0117】尚、渦巻バネ自身の調整機構については、例えば、前記した機構14A、14B（図16、図17参照。）を用いることができ、図示するように、その収容部（16、16B）が一方のスライド部材56bの上に固定されるとともに、部材（15）が渦巻バネ13の中心よりややスライド部材56b側にずれた位置に取り付けられており、当該部材がワイヤー62を介して他方のスライド部材56a上に固定用部材63を介して取り付けられている。この調整機構の設置場所としては、渦巻バネ13を結合している軸部材53より背面側に選定することが、当該機構と指との接触の問題を回避するために好ましい。

【0118】このように、コイルバネ（58a、58b）のスライド方向における反力の調整と、渦巻バネ（13）の回転方向における反力の調整とを独立して行えるように構成すると、MP関節の動作をさらに滑らかにすることができる点で有効である。

【0119】尚、図34に示す機構において渦巻バネ13を使用せずに、一对のスライド部材56aと56bとを蝶番や回動機構等で連結した場合には、この機構を全ての指関節について被覆部の背面に配置することができ、この場合には図20で示した背面バネ36を使った機構の別の実施例となっていることが分かる。

【0120】拇指のCM関節における対立動作については、図35や図36に示すように、甲面サポーター12HBに対して回動機構64を付設する。つまり、この回動機構64は、前記した外転・内転の動作機構（図30乃至図32を参照。）を応用したものであり、当該機構を構成する回動部材64aは、蝶番バネを用いた回動軸65を介して甲面サポーター12HBの被覆部12HBaの側面に連結されている。尚、蝶番バネについては、手をつぼめて湾曲させたときの状態を初期状態とする（図36の破線参照。）。

【0121】回動部材64aは、図に点「RC」で示す回動中心の回りに所定の角度範囲をもって回動できるように支持されており、本例では、2つの磁石66、67を使って回動部材47aに図の時計回り方向への付勢力を付与している。つまり、回動軸65寄りに位置に付設された磁石66と、これに対応した回動部材64aの側面位置に付設された磁石67との間に作用する斥力により生じる反発力が回動部材64aを回動軸65から遠ざけるように働く。尚、これらの磁石の代替として板バネ等を使用しても良いことは勿論である(図30、図32を参照。)

【0122】回動部材64aの端部と、拇指の基節の被覆部との間には、図27、図28に示したスライドバネ、あるいは図33に示した渦巻バネ等を使った機構が配置されるが、バネの初期状態はこの場合も屈曲位とする。

【0123】尚、甲面サポーター12HBでは、MP関節の屈曲・伸展動作や、対立動作に関する機構が必要となるが、各機構の動作に関与するワイヤーの配置や駆動制御については、後述するワイヤーの駆動部との関連において併せて詳述する。

【0124】次に、手首サポーター12HCについて説明する。

【0125】手首サポーター12HCは時計ハンドのように手首に巻き付けてから面状ファスナー等を用いて固定されるが、ワイヤー駆動時における局所的な圧迫を手首に与えないように注意すべきである。

【0126】そのためには、手首サポーター12HCのうち手首と接触する面に緩衝部材を設置するか、あるいは、図37の(A)図に示すように手首に緩衝部材68を巻き付けてから、(B)図のように手首サポーター12HCを装着することが望ましい。つまり、緩衝部材68は、ワイヤー駆動に伴う表皮の巻き込みを防止する役割を果たす。尚、図では手首サポーター12HCにおいて2つのヒンジ部分が形成されており、巻き込み防止用の緩衝部材69、69が中間部材としてサポーターと緩衝部材68との間に介挿された構成となっている。

【0127】駆動ベースサポーター12HDについても、その一部(又は手首サポーターと一体の場合には当該手首サポーター)を手首に巻き付けてから面状ファスナー等を用いて固定されるが、本サポーターではワイヤーの駆動機構を搭載するために平坦状をした領域がある程度必要となり、また、駆動機構が回内・回外時において前腕部サポーター12Aと接触しないようにすべきである。尚、手首サポーター12HCと駆動ベースサポーター12HDとを別個に設けた構成と、両者を一体的に作成した構成とが挙げられるが、装着の容易さの観点からは後者の方が好ましい。

【0128】駆動機構としては、例えば、下記に示す構成が挙げられるが、小型化・薄型化に適した構成が好ま

しい。

【0129】

- ・モータを駆動源とするワイヤー巻取式の機構
- ・電磁クラッチ手段とスライド式駆動部を用いた機構
- ・ワイヤーが接続されたフィルムをスライドさせる機構。

【0130】図38はワイヤー巻取式機構の構成例70を概略的に示したものであり、回転式モータ71のモータ軸71aには減速機72が連結されており、当該減速機72において直交変換された回転出力が、ワイヤー73の巻取部74(リール部)に伝達される。つまり、減速機72内にはベベルギヤあるいはウォーム等を使った動力伝達機構が設けられており、減速機72の出力軸72aに巻取部74が直結されることで巻取部74が直に回転されるので、ワイヤーの巻き取り状態を制御することでワイヤーにかかる張力を変化させることができる。尚、回転式モータの代わりにスライド式のリニアモータ等を用いて巻取機構を構成しても良いことは勿論である。

【0131】図39はワイヤーをモータに直接的には接続せずに、両者の間に電磁クラッチ機構を介在させた構成例75を示すものである。本機構は、ワイヤー部材にかかる張力が閾値を超えた場合にワイヤー部材とその駆動手段との連結を解除することで、対象にそれ以上の大きな力がかからないように制御するために必要とされる。

【0132】シリコンチューブ等の可撓性に富む管状部材76内に通されたワイヤー73の末端には永久磁石77(あるいは鉄等の磁性体)が固定されており、該永久磁石77のうち、ワイヤー73とは反対側の位置に接触検知用センサ78が付設されている。また、この永久磁石77と対をなす電磁石79が設けられており、これにはセンサ78に対向した接触検知用センサ78'が付設されている。そして、該電磁石79は張力センサ80を介してスライド式駆動部81の出力軸に結合されたワイヤー部81aに固定されている。尚、スライド式駆動部81にはリニアモータが使用され、その内部には出力軸やワイヤー部81aの位置を検出するための検出手段(エンコーダ等)が設けられている。また、永久磁石77や電磁石79、張力センサ80、ワイヤー部81aは管状部材76内に配置されている。

【0133】本構成では、永久磁石77と電磁石79が電磁クラッチ機構を構成しており、電磁石79の励磁によって該電磁石79と永久磁石77との間に引力が発生するために両者が吸引された状態となり、これが接触検知用センサ78、78'によって検出される。そして、この状態でスライド式駆動部81によりワイヤー部81aを駆動すると、図の右方(スライド式駆動部81に近づく方向)に作用する力が張力センサ80、さらには電磁石79及び永久磁石77を介してワイヤー73の末端



に働く(張力センサ80はこの時のワイヤーの張力を検出する。)。その後、ワイヤー73への駆動力を増加させていくと、ある範囲まではワイヤーの張力が次第に増して行くことになるが、当該張力がある閾値(電磁石79と永久磁石77との吸引力によって決まる値)を越えると、電磁石79と永久磁石77とが離れてしまう(この分離状態は接触検知用センサ78、78'によって検出される。)。ので、それ以上の力がワイヤーにかからないように制限される。つまり、ワイヤーに過度の力が作用して当該ワイヤーが引っ張られた場合には、ワイヤーの先に接続された部材(サポーター)に対して許容範囲外の好ましくない力がかかってしまう虞があるが、上記構成では電磁石79と永久磁石77との分離が、ワイヤーに必要な以上の力がかからないように保証してくれる。尚、張力センサ80によって検出されたワイヤーの張力が予め決めておいた基準値以上となった場合に、電磁石79の励磁状態を変更して磁極を反転させることで、該電磁石79と永久磁石77とが反発するように制御して両者を積極的に分離する方法を採用しても良い。

【0134】図40は電磁クラッチ機構の別例82について、ワイヤー端との連結部分だけを部分的に取り出して概略的に示したものであり、(A)図が要部の断面図、(B)図が駆動側の部材を示し、(C)図がワイヤー取付側の部材を示しており、(D)図はこれらの部材を摺動自在な状態で支持している側壁部をそれぞれ示している。

【0135】収容部83内には、2つの部材84、85がスライド可能な状態で支持されており、その一方の部材85がワイヤー73との連結部材であって、これにワイヤー73の端部が収容部83の孔83aを挿通された後で固定され、また、他方の部材84は、連結部材85と係合された状態において当該部材を所定の方向にスライドさせるためのスライド部材として機能する。つまり、磁性体で形成された連結部材85は、(A)図に示すように、横から見た形状がほぼL字状をしており、また、(C)図に示すように、その両側面にそれぞれ突設された2つの軸端部85a、85aが、収容部83の側壁に形成されたガイド長孔83c、83c(図にはその一方だけを示す)に挿通されている。つまり、連結部材85は、ガイド長孔83c、83cに沿ってスライド自在な状態であって、かつ軸端部85a、85aの回りに回動可能な状態で収容部83の側壁に支持されている。

【0136】また、スライド部材84の先端部にはほぼ直方体状をした電磁石86が付設されており、当該先端部の両側面にそれぞれ形成された突部84a、84a( (B)図を参照。 )は、収容部83の側壁において上記ガイド長孔83c、83cと平行して延びるように形成されたガイド長孔83b、83b(図にはその一方だけを示す。)に挿通されている。尚、スライド部材84は図示しない駆動機構(例えば、リニアモータを使った

スライド式の駆動機構等)により、ガイド長孔83b、83bに案内されて直線的に移動される。

【0137】本機構82では、連結部材85を強磁性材料で形成するか、または、連結部材85のうち、スライド部材84の電磁石86に対応した位置に永久磁石を付設することによって、電磁クラッチ機構を構成する。即ち、図40(A)に2点鎖線で示すように、連結部材85と、スライド部材84の端部との係合が外れた状態から、スライド部材84の電磁石86を励磁すると、両者が係合した状態になるので、スライド部材84を同図に矢印Sで示す方向に動かすと、これによってスライド部材84の端部が連結部材85に係合されるので連結部材85及びワイヤー73が引っ張られることになる。そして、ワイヤー73の張力が大きくなり、連結部材85に対する電磁石86の吸着力を超えた場合には、両者の係合が解除される。よって、電磁石86の励磁時に必要なエネルギーは電磁石86と連結部材85との係合に必要な程度で済み、このときの吸引力によってワイヤー73にかかる張力の許容上限値を決定できる。

【0138】尚、連結部材85とスライド部材84の端部とが係合状態にあるか否かの検出には、例えば、検知用端子を両部材に付設して両端子の接触又は非接触の状態検出として行う方法や、フォトカプラー等の光検出手段によって両部材の接触や近接状態の如何を検出する方法(例えば、連結部材85側に光センサやフォトカプラー等を付設し、スライド部材84には光を遮断する遮光部を形成しておき、当該遮光部によって光センサの光が遮られた場合に連結部材85とスライド部材84とが係合していると判断し、光が遮られない場合に両部材が係合していないと判断する。)等、部材間の相対的な位置検出法には各種の形態が挙げられる。

【0139】上記したフィルムをスライドさせる機構例としては、例えば、モータによって回転駆動される駆動ローラーと、所定の圧着力を付勢するための圧着ローラーを設け、両ローラーの間にフィルムを挟み込んで該フィルムをスライドさせることでワイヤーを駆動する構成が挙げられる。

【0140】尚、この他、ワイヤーの駆動源と駆動機構を分離する方法がある。例えば、駆動源については大容量のものを使って複数のワイヤーの間で共用して、これを、例えば、腰椎への装具に付設して人が背負えるように構成するとともに、電磁クラッチやER流体(電気粘性流体)等を使った軽量の駆動機構だけを駆動ベースサポーター12HD上に設置すれば良い。また、駆動源としてはモータに限らず、空圧源を用いてシリンダ部を駆動ベースサポーター12HD上に設置する等、各種の形態を採用できることは勿論である。

【0141】次に、駆動ベースサポーター12HD上に配置された駆動機構によって制御される各ワイヤーの配置について説明する。



【0142】尚、ワイヤーは動力を伝達する媒介手段として人体の筋の働きを模写したものであるが、その材質については、タングステン製ワイヤーや、装具を縫合するための糸の表面に耐摩耗性のポリマーを塗布したもの等が挙げられる。また、ワイヤーが皮膚に直接接触した場合における皮膚の損傷を防止するために、ワイヤーをシリコンチューブ等の管状部材の中に挿通した状態で使用する（管状部材をサポート内に埋設した状態で配線する等。）ことが安全上の観点から好ましい。例えば、シリコンチューブの場合には、これにワイヤーを通した場合の初期状態においてその形状が管状を保っているが、ワイヤーが引っ張られたときにシリコンチューブが収縮するので、皮膚表面を傷つける危険性がない。

【0143】先ず、手指サポーター12HAに付設されたワイヤーについては、図21に示すように、各指の末節の被覆部を起点として、各被覆部の背面にそれぞれ取り付けられた2本ずつのワイヤー37、37が、甲面サポーター12HBの被覆部12HBa、さらには手首サポーター12HCを経由して駆動ベースサポーター12HD上の図示しないワイヤー駆動機構に接続されている。

【0144】図41及び図42は第2乃至第5指の指サポーターにワイヤー部材を付設した状態を例示したものであり、各被覆部の背面に沿ってワイヤー対37、37がそれぞれ取り付けられている。

【0145】尚、隣り合う被覆部の間や、被覆部のエッジ部等に位置するワイヤー部分について応力が集中し易い場合には、図43に示すように被覆部の所定箇所に小型の支持部材87、87、・・・（玉軸受や滑車等。）を付設して、これらにワイヤー部材37を通して配線することが耐久性の向上にとって好ましい。また、その際には、糸や合成繊維等で形成したワイヤーを使用することで支持部材87の内径を小さくすることが望ましい。

【0146】手指サポーター12HAにおける第2指乃至第5指の動作について、図41、図42に示した各ワイヤーの働きは下記に示す通りである。

【0147】・屈曲位から伸展位への移行時には、各指の背面に配置されたワイヤー対を上記駆動機構によって同時に引っ張る

・伸展位から屈曲位への移行時には、各指の背面に配置されたワイヤー対を上記駆動機構によって同時に緩める  
・内転から外転への移行時には、第3指と第4指との間を通る対立動作の中心軸に関して、これより遠い方のワイヤー部材（第2指、第3指については第1指に近い方のワイヤー部材37A、また、第4指と第5指については第1指から遠い方のワイヤー部材37B）を同時に引っ張り、他方のワイヤーについては同時に緩める

・外転から内転への移行時には、上記と逆になる。即ち、第3指と第4指との間を通る対立動作の基準軸に関

して、これに近い方のワイヤーを同時に引っ張り、他方のワイヤーを同時に緩める。

【0148】拇指の動作については、図35に示すようにワイヤー部材が配置されており、指の被覆部の背面に沿って付設された2本のワイヤー部材37、37（図にはその一方だけを示す。）が、上記した回動機構64を構成する部材、さらに手首サポーター12HCを経由して駆動ベースサポーター12HD上のワイヤー駆動機構に接続される。また、回動機構64を構成する回動部材64aに端を発する2本のワイヤー部材37C、37Cが、甲面サポーター12HBの被覆部12HBa及び手首サポーター12HCを経由して駆動ベースサポーター12HD上のワイヤー駆動機構に接続される。

【0149】よって、手指サポーター12HAにおける拇指の動作についての各ワイヤーの働きは下記に示す通りである。

【0150】・屈曲位から伸展位への移行時には、拇指の背面に配置されたワイヤー対（37、37）を同時に引っ張る

・伸展位から屈曲位への移行時には、拇指の背面に配置されたワイヤー対（37、37）を同時に緩める

・湾曲位から平坦位への移行時には、甲面サポーターを経由するワイヤー対（37C、37C）を同時に引っ張る

・平坦位から湾曲位への移行時には、甲面サポーターを経由するワイヤー対（37C、37C）を同時に緩める。

【0151】対立動作とともに内転・外転動作を実現するためには、図44に示すように、第2乃至第5指の掌面側（MP関節の前面側）に2本のワイヤーを配置する。尚、（A）図は初期状態（外転・平坦位）を示し、（B）図はV字状バネ40の反力に抗した内転・湾曲位の状態をそれぞれ示している。

【0152】図44に示すように、第2乃至第5指の基節部を覆う被覆部12HA3、12HA3、・・・については、指の掌面を覆う部材88、88、・・・がそれぞれ設けられ、これら部材に跨るように各ワイヤー部材37D1、37D2を付設する。例えば、一方のワイヤー部材37D1については、第5指を起点として、第4指、第3指、第2指を経由した上で、図45に示すように、甲面サポーター12HBの被覆部12HBa'の背面に沿って引き廻された後、被覆部12HBaの内面（皮膚側の面）を通過してから該被覆部の背面から抜け出て手首サポーター12HCを経由して駆動ベースサポーター12HD上のワイヤー駆動機構（図示せず。）に接続される。また、他方のワイヤー37D2については、図44に示すように、第2指を起点として、第3指、第4指、第5指を経由した上で、図45に示すように、甲面サポーター12HBの被覆部12HBaの背面に沿って引き廻された後、被覆部12HBa'の内面（皮膚側

の面)を通して該被覆部の背面から抜け出て手首サポーター12HCを経由して駆動ベースサポーター12HD上のワイヤー駆動機構(図示せず。)に接続される。尚、2本のワイヤーが甲面サポーター12HBにおいて部分的にその内面側で交差した配置となっている理由は、甲面サポーター12HBの被覆部12HBa、12HBa'を駆動して対立動作を補助するためである。また、各ワイヤーが第2乃至第5指の掌面側で跨るように配置するにあたっては、掌面からみた場合に、これらなるべくV字状バネ40の coils 部40aの中心付近を通るようにすることが好ましい。

【0153】対立動作におけるワイヤーの働きは下記に示す通りである。

【0154】・平坦位から湾曲位への移行時には、ワイヤー37D1、37D2を同時に引っ張る

・湾曲位から平坦位への移行時には、ワイヤー37D1、37D2を同時に緩める。

【0155】手関節の動作については、図46にワイヤー配置を示す。尚、(A)図は背面からみた図、(B)図は橈骨側からみた図、(C)図は掌面からみた図である。

【0156】図46(A)に示すように、甲面サポーター12HBの被覆部12HBa、12HBa'の背面において、これらの周縁寄りの位置を起点とするワイヤー部材37E1、37E1'は手首サポーター12HCの背面を経由した後、駆動ベースサポーター12HD上の図示しないワイヤー駆動機構にそれぞれ接続されている。尚、ワイヤー部材37E1の端部が被覆部12HBaに固定され、ワイヤー部材37E1'の端部が被覆部12HBa'に固定されている。

【0157】また、図46(C)に示すように、甲面サポーター12HBにおけるMP関節寄りであって周縁部の内側の場所(拇指と第2指との間及び第5指の脇)を起点するワイヤー37E2(拇指と甲面サポーターとの間を通して引き廻される。)、37E2'は手首サポーター12HCの掌面側をそれぞれ経由した後、駆動ベースサポーター12HD上の図示しないワイヤー駆動機構にそれぞれ接続されている。そして、第3指及び第4指の基節部の掌面側に取り付けられる被覆部12HA3、12HA3をそれぞれ起点として掌面上で交差した配置のワイヤー部材37E3、37E3'については、手首サポーター12HCの掌面側を経由した後、駆動ベースサポーター12HD上の図示しないワイヤー駆動機構にそれぞれ接続されている。尚、一方のワイヤー部材37E3はその端部が第4指の被覆部に固定され、掌面上を拇指に対して次第に近付くように引き廻されており、また、他方のワイヤー37E3'は、その端部が第3指の被覆部に固定され、掌面上を拇指に対して次第に遠ざかるように引き廻されている。

【0158】手関節の動作における各ワイヤー部材の役

割は下記の通りである。

【0159】・背屈から掌屈への移行時には、甲面サポーターの掌面側に配置された2本のワイヤー部材37E2、37E2'を同時に引っ張る(又は、第3指及び第4指に対する2本のワイヤー部材37E3、37E3'を同時に引っ張る)とともに、甲面サポーターの背面側に配置された2本のワイヤー部材37E1、37E1'を同時に緩める。

【0160】・掌屈から背屈への移行時には、甲面サポーターの背面側に配置された2本のワイヤー部材37E1、37E1'を同時に引っ張るとともに、甲面サポーターの掌面側に配置された2本のワイヤー部材37E2、37E2'を同時に緩める(又は、第3指及び第4指に対する2本のワイヤー37E3、37E3'を同時に緩める)。

【0161】・尺屈から橈屈への移行時には、甲面サポーターの背面側に配置されたワイヤー部材37E1'と、掌面側のワイヤー部材37E2、37E3を同時に引っ張るとともに、甲面サポーターの背面側に配置されたワイヤー部材37E1と、掌面側のワイヤー部材37E2'、37E3'を同時に緩める。

【0162】・橈屈から尺屈への移行時には、甲面サポーターの背面側に配置されたワイヤー37E1と、掌面側のワイヤー部材37E2'、37E3'を同時に引っ張るとともに、甲面サポーターの背面側に配置されたワイヤー部材37E1'と、掌面側のワイヤー部材37E2、37E3を同時に緩める。

【0163】尚、手関節のワイヤー駆動のための駆動機構やその駆動源(モータ等)の取付位置としては、駆動ベースサポーター12HDにおいて尺側手根屈筋と橈側手根屈筋の始点位置に相当する場所が理想的であるが、この要請を厳密にし過ぎると、駆動源についての配置の自由度がなくなってしまう虞があるので、駆動ベースサポーター上における駆動機構等の配置については注意が必要である。

【0164】また、手指サポーター12HAや甲面サポーター12HBについて、指の屈曲位を初期状態としてバネ部材の付勢力を設定している場合には、サポーターの装着時にワイヤー部材を引っ張ることで伸展位の状態とする必要があるが、その際、手首サポーター12HCに状態保持のための機構を付設することが好ましい。即ち、装具の着脱を容易にするためには、着脱時において対偶の状態を一時的に保持・固定するための保持機構を設けると良い。

【0165】図47及び図48はそのような機構例を示したものである。

【0166】手首サポーター12HCの背面に付設されたスライダー機構89は、スライド部材90とその収容部91を有しており、甲面サポーター12HBのうちスライダー機構89に対向した場所には、スライド部材9

0の端部形状に対応した形状をした凹部92が形成されている。

【0167】よって、手部サポーター12Hの装着にあたっては、先ず、図47に示すように、スライド部材90を引き出して、これを凹部92内に収容した状態とすることで、手首が固定されて曲がらないように規制される。その後、図48に示すように、指の駆動ワイヤー群を引っ張ることにより各サポーターを伸展位の状態にしてから装具に手を装着すると作業がし易くなる。尚、サポーターの使用時には、スライド部材90を収容部91内に戻しておけば、以後の動作に支障を来すことはない。

【0168】次に前腕部サポーター12Aについて説明する。

【0169】本サポーターは肘部近辺を被覆する役割をもち、回内・回外動作時に手指サポーター12HA及び駆動ベースサポーター12HDの基底部となる。そして、これは前腕の背面側から面状ファスナー等を使って取り付けられ、前腕の回内・回外動作に係るワイヤーの配置及びその駆動機構の取付にとって必要なものである。尚、回内・回外動作による尺骨の回転に対して干渉しないように装着時には肘部からほぼ3分の1程度の範囲内に本サポーターが配置されるようにする。また、サポーターのうち肘関節寄りの側面には2つの突起部が互いに反対方向を向いて突設されているが、これらには後述するように肘関節動作のワイヤーが取り付けられるようになっている。

【0170】図49は回内状態におけるワイヤー配置について背面側から示したものであり、2本のワイヤー部材93、93'は、それらの一端が手首サポーター12HCに固定されて、他端が前腕部サポーター12Aに付設されたワイヤー駆動機構94に接続されている。尚、これらのワイヤー部材が前記したワイヤー部材3b、3bに相当する。

【0171】図50は前腕の動作を示しており、(A)が回内状態、(B)が立位状態、(C)が回外状態をそれぞれ示している。

【0172】一対のワイヤー部材93、93'については、一方のワイヤー部材を緊張させて引っ張る際に、他方のワイヤー部材を弛緩させることで関節の回内・回外動作が行われ、その動きは下記の通りである。

【0173】・回内から回外への移行時には、ワイヤー部材93を引っ張り、ワイヤー部材93'を緩める。

【0174】・回外から回内への移行時には、上記とは逆にワイヤー部材93'を引っ張り、ワイヤー部材93を緩める。

【0175】尚、図51に示すようなC字状のガイド部材95を前腕部サポーター12Aの側面に付設するとともに、当該部材95と前腕部サポーター12Aの間に形成される間隙に駆動ベースサポーター12HDの後端部

を挟み込んだ状態で、回内・回外動作の確認ができるように構成しても良い。つまり、この場合には、回内・回外動作時に駆動ベースサポーター12HDがガイド部材95の湾曲面(内面)に案内されて前腕の長さ方向の軸回りに回転することになる。

【0176】図52は肘部結合用サポーター12Bの構成例を示すものである。

【0177】このサポーターは、前腕部サポーター12Aと上腕部サポーター12Uとに亘って設けられているワイヤーの着脱を可能にするために、前腕部サポーター12Aに対して肘部において結合するために設けられている。つまり、(A)図に示すように、装着状態では、肘部結合用サポーター12Bはほぼ三日月形状をしており、前腕部サポーター12Aの肘寄りの部分を被覆している。尚、前腕部サポーター12Aへの取り付け方法に関しては、(B)図に示すように、肘部結合用サポーター12Bと前腕部サポーター12Aに金属製ボタン等の点状ファスナー96、96、・・・を付設して容易に着脱できるようにする。また、上腕部サポーター12Uの装着に手間取ることがないように、肘部結合用サポーター12Bの中央部には、腕の長さ方向に沿うスリット97(図に1点鎖線で示す。)を予め形成しておくことが望ましい。

【0178】図53は上腕部サポーター12Uの構成例を概略的に示すものであり、上腕二頭筋と上腕三頭筋の領域に対する被覆が予定される部分をカットした形状となっている。これは、前腕の屈曲・伸展動作時に上腕二頭筋や上腕三頭筋の形状変化が顕著に認められるため、これらの筋肉によるサポーターとの干渉を極力回避する必要があることに依る。尚、上腕二頭筋の中央には正中神経が配置されており、当該神経への過度の圧迫は、第1乃至第4指の背面感覚領域や第1指、第2指の運動領域について麻痺を誘発する危険があるため、上腕二頭筋を皮膚表面から被覆しない構成は、正中神経への圧迫を防止するという目的にも適っている。

【0179】上腕のうち前腕寄りの位置に巻着されたリング状部分(基本的立位姿勢において下側の支持部)12Ur1と、肩関節寄りの位置に巻着されたリング状部分(基本的立位姿勢において上側の支持部)12Ur2とを連結する連結部12Uc、12Ucは、上腕側面において長手方向に延びており、この部分は肘関節の屈曲動作時に湾曲し、上腕二頭筋の形状変化に対応してリング状部分12Ur1、12Ur2を上腕二頭筋の収縮方向へと変位させる。

【0180】また、上腕二頭筋の経路がリング状部分12Ur1、12Ur2と交差する場所については当該部分を皮膚表面からやや浮かした状態としている。これは屈曲動作時に起こる筋変形による圧迫を回避するためである。

【0181】尚、これらリング状部分については、面状

ファスナーを使って上腕部に巻き付けているだけであるため、着脱は容易である。

【0182】肘関節における屈曲・伸展動作をワイヤー駆動によって実現するためには、上腕二頭筋と上腕三頭筋を模倣したワイヤー配置が必要である。

【0183】即ち、図示するように、前腕部サポーター12Aの側面に突設された突起部98、98をそれぞれ起点とする2本ずつ、合計4本のワイヤー部材が付設されており、そのうちのワイヤー部材99a、99aが突起部98、98の付け根の上部から上腕の側面にかけてそれぞれ引き廻された後、連結部12Uc、12Ucにそれぞれ付設されたワイヤー部材の駆動機構100a、100aに接続されている。また、ワイヤー部材99b、99bは、突起部98、98の先端の下側部分から上腕の側面にかけてそれぞれ引き廻された後、やはり連結部12Uc、12Ucにそれぞれ付設されたワイヤーの駆動機構100b、100bに接続されている。尚、ワイヤーの駆動機構を連結部12Uc、12Ucに付設しない場合には、例えば、肩関節や胸椎等に付設するサポーターに取り付ける等、各種の実施形態が挙げられる。

【0184】肘関節の動作においては、一対のワイヤー部材のうち、一方のワイヤー部材を緊張させて引っ張る際に、他方のワイヤー部材を弛緩させることで関節の屈曲又は伸展動作が制御され、各ワイヤー部材の動きは下記のとおりである。

【0185】・伸展から屈曲への移行時には、ワイヤー部材99a、99aを引っ張るとともに、ワイヤー99b、99bを緩める。

【0186】・屈曲から伸展への移行時には、ワイヤー部材99b、99bを引っ張るとともに、ワイヤー部材99a、99aを緩める。

【0187】しかして、各サポーターとワイヤーの配置等が明らかになったところで、図6に戻って力覚提示に必要な制御要素をまとめてみると、下記ようになる。

【0188】A) 検出のための要素

- ・ワイヤー長あるいは位置検出用のセンサ
- ・ワイヤーの張力検出用のセンサ

B) 駆動制御のための要素

- ・ワイヤーの駆動源及び駆動機構
- ・電磁クラッチ等、安全のための保護機構
- ・対偶の状態保持のための機構。

【0189】先ず、A) に示す検出手段のうち、ワイヤー長あるいは位置検出用のセンサについては、例えば、図39に示す駆動機構を採用した場合にワイヤーを引っ張るスライド式駆動部81内に設けられた位置検出用センサが挙げられる。

【0190】また、ワイヤーの張力検出用のセンサについては、例えば、図39に示す駆動機構における張力センサ80が挙げられ、ワイヤーとスライド式駆動部81

との間の引張荷重を検出することができる。

【0191】尚、これらのセンサによって取得される検出情報は入出力インターフェイス部10を介して中央制御部9に送出される。

【0192】次に、B) におけるワイヤーの駆動源及び駆動機構については、中央制御部9から入出力インターフェイス部10を介して送られて来る制御信号によって各ワイヤーの駆動制御が行われる。例えば、図38や図39に示す構成においてモータやスライド式駆動部の駆動制御がなされる。

【0193】また、電磁クラッチを使った保護機構については、ワイヤーに過度の力が加わる前にワイヤーと駆動機構(又は駆動源)とを切り離すものであり、例えば、図39、53のように永久磁石と電磁石を組み合わせた構成が挙げられる。

【0194】対偶の状態保持のための機構は装具の着脱時に必要とされ、例えば、図47、図48に示したようにスライダ機構89を使って対偶の姿勢を一時的に保持するものである。尚、本機構を手動で操作する方法もあるが、中央制御部9から入出力インターフェイス部10を介して送られて来る制御信号によってスライダ機構89の駆動源を制御することが好ましい。

【0195】尚、力覚に加えて触覚や温覚(あるいは熱覚)を提示する場合には、手指サポーター12HAに対して触覚提示機構及び発熱・吸熱装置を付設する。

【0196】図54乃至図56は指先にクリック感を提示するための構成例を示すものであり、触覚提示部材に対して磁性体又は永久磁石を付設し、指の被覆部材に電磁石を付設することにより触覚提示部材を駆動する構成を採用しており、これにより触覚提示の有無や提示圧の強弱を制御することができる。尚、各部材に対する磁石や電磁磁石の取り付け関係を逆にする、つまり、触覚提示部材に対して電磁石を付設するとともに、指の被覆部材に対して磁性体又は永久磁石を付設することにより触覚提示部材を駆動する構成を採用して良いが、指先における重量配分についての配慮が必要である(指の先端に重量がかかりすぎないようにすることで重力のモーメントの影響をできるだけ軽減することが望ましい。)

【0197】指先の背面部を覆う被覆部12HA1の先端には、平面で見てもほぼコ字状をした部分101が形成されており、その凹部101aには、触覚提示板102の突出部102aが受け入れた状態で回動支軸103により軸支されている。つまり、回動支軸103は凹部101aの両脇に位置する突出部101b、101bのうちの一方に挿通された後、触覚提示板102の突出部102aを挿通され、さらに他方の突出部101bに挿通される。尚、回動支軸103の軸端には加締による抜け止め処理が施されており、また、各突出部101bのうち部分的に切り欠かれた部分には、コイルバネ101c、101cがそれぞれ配置されており、これらのバネ

にも回動支軸103が挿通された状態となっており、突出部102aの回動に対して適度の摩擦力が付与されている（これは不用意に触覚提示板102が回動しないようにするためである。）。

【0198】触覚提示板102は、図55に示すように、指の先端から掌面側に廻り込んでおり、その先端寄りの部分が指との接触部として機能する。

【0199】触覚提示板102の駆動手段（回動手段）については、触覚提示板102の突出部102aに付設された磁性体（鉄等）又は永久磁石102b（図54、図55に斜線を付して示す。）と、これに対向するように凹部101aの付近に設けられた電磁石101d（図54、図55に斜線を付して示す。）とから構成されている。つまり、触覚提示板102は上記の部分101において回動支軸103の回りに回動し得るように支持されているので、例えば、永久磁石102bに対して電磁石101dを励磁して両者の間に斥力（又は引力）を発生させた場合には、触覚提示板102が図55の反時計回り方向（又は時計回り方向）に回動されることになる。尚、突出部102aに磁性体を付設した場合には、例えば、触覚提示板102に対して指との接触方向への付勢力をバネ部材で付与しておき、これと、電磁石101dの励磁による引力とを併用して、触覚提示の有無を制御すれば良い。

【0200】また、指先に温覚を提示するには、例えば、ペルチェ素子等を使った発熱／吸熱部104を触覚提示板102のうち指との接触場所に配置して、その場所での温度制御を行う。

【0201】本例では磁性体又は永久磁石102bを触覚提示板102の突出部102aに設け、これに対する電磁石101dを凹部102aの付近に設けたが、これに限らず、例えば、図57に示すように、磁性体又は永久磁石102b1、102b2を触覚提示板102の突出部102aの両脇にそれぞれ設けるとともに、これらに対向した被覆部の突出部101b、101bに電磁石101d1、101d2をそれぞれ設ける等の態様が可能である。

【0202】また、触覚提示板102の駆動手段としては、触覚提示部材にギヤ部を形成を付設するとともに、指の被覆部材にはギヤ部に対応する駆動ギヤとモータ部を付設することにより触覚提示部材の駆動手段を構成して、指掌面への提示圧を連続的に制御できるようにしても良い。

【0203】例えば、図58に示すように、被覆部12HA1の背面に付設されるモータ105a及び減速機105bからなるモータ部（あるいは駆動部）105により回転駆動される駆動ギヤ105cを設け、触覚提示板側には、これに噛合するギヤ部102cを突出部102aに形成した構成が挙げられる。即ち、この例では、モータ105aの回転力が減速機105bを介して駆動ギ

ヤ105cを回転させ、該駆動ギヤ105cからギヤ部102cを介して触覚提示板102に回動力が伝達される。

【0204】次に、指先に対して素材の感触や移動の感触を提示するための構成例を、図59乃至図63に従って説明する。

【0205】本例では、触覚提示板の回動制御について、図57に示した構成を用いており、触覚提示板102Aのうち被覆部12HA1寄りの端部において、周縁寄りの位置に磁性体又は永久磁石102b1、102b2をそれぞれ付設し、かつ、これに対向する被覆部12HA1の突出部101b、101bに電磁石101d1、101d2をそれぞれ付設している。

【0206】尚、触覚提示板102Aの端部には、図59に示すように、所定の間隔をもった2つの突出部102d、102dが形成されており、両者の間に位置されたギヤ102eに対して駆動手段105Aが設けられている。つまり、この駆動手段105Aは、被覆部12HA1の背面に付設されたモータ105d及び減速機105eから構成され、モータ105dの回転力が減速機105eを介して駆動ギヤ105fに伝達された後に、該駆動ギヤに噛合する上記ギヤ102eへの駆動力となる。

【0207】尚、各突出部102dやギヤ102eには、触覚提示板102Aの回動支軸103が挿通されている。

【0208】図60乃至図62に示すように、触覚提示板102Aには、ギヤ102eによって回転される駆動ローラー106と、該駆動ローラーに従動して回転される従動ローラー107とによって構成される帯状部材108の搬送機構が設けられている。即ち、駆動ローラー106にはギヤ102eと噛合される歯部106a、106aが形成されており、これら歯部の間に位置するロール部106bには歯が形成されることなくこれに無端の帯状部材108が巻着され、当該ロール部106bと従動ローラー107とに亘って、布材料等でできた帯状部材108が張架されている。尚、駆動ローラー106の回転支軸106cや従動ローラー107の回転支軸107aは触覚提示板102Aにそれぞれ取り付けられており、軸端の加締等により抜け止めの処理が施されている。

【0209】しかして、本構成では、モータ105dから減速機105eを介して駆動ギヤ105fが回転されると、該駆動ギヤからギヤ102eを介して駆動ローラー106が回転されるため、帯状部材108が搬送される。その際、電磁石101d1、101d2の励磁により触覚提示板102Aを回動させることで、帯状部材108の一部が指の掌面に接触して触覚が提示されることになる。尚、駆動ローラー106又は従動ローラー107の回転検出手段を付設することにより、帯状部材10



8の搬送速度が速くなりすぎないように監視することが必要である。

【0210】また、帯状部材108の搬送時において、当該帯状部材に接触することで摩擦熱を発生させて温覚を提示するための発熱機構を設ける場合には、例えば、図61乃至図63に示すようなブレーキ部材109を、触覚提示板102Aに付設すれば良い。

【0211】ブレーキ部材109は、1対の回動アーム109a、109aと、これらの一端を連結するブレーキ板109bとから構成されており、各回動アーム109aは、ギヤ102eの回転軸を支持する固定部109a1と、駆動ローラー106の回転軸の回りに回転可能な状態で支持された可動部109a2とからなっている。そして、この可動部109a2、109a2に跨がるようにして両者の端部にブレーキ板109bが固定されており、図61に示すように、ブレーキ板109bと触覚提示板102Aとの間を通して帯状部材108が走行される。

【0212】ブレーキ板109bについては、それ自身が鉄等の磁性体で形成されるか、又は非磁性材料体で形成された場合には永久磁石が付設されており、触覚提示板102Aのうち、帯状部材108を挟んでブレーキ板109bと対向した位置には電磁石109cが付設されている。つまり、この電磁石109cの励磁によってブレーキ板109bを触覚提示板102Aの側に引き寄せて帯状部材108に接触させることができる。

【0213】そして、ブレーキ板109bのうち帯状部材108と接触する部分（上記した当接部2fに相当する。）は、ゴム材料等の摩擦係数の高い材料で形成されているので、帯状部材108との間に摩擦熱を発生させることができる。尚、駆動ローラー106が回転している間、ブレーキ板109bが帯状部材108に対して常に接触されていると摩擦熱が常時発生することになるので、熱の提示が不要なときにはブレーキ板109bの帯状部材108への接触を解除する。例えば、ブレーキ板109bに永久磁石を付設した場合には、電磁石109cの励磁により斥力を発生させてブレーキ板109bを帯状部材108から遠ざければ良いし、また、ブレーキ板109bを磁性体で形成した場合には、電磁石109cを非励磁にしたときに、ブレーキ板109bを帯状部材108から遠ざけるための付勢手段（戻しバネ等。）をブレーキ板109bの可動部109a2に対して設ければ良い。

【0214】しかして、本構成では、触覚提示板102Aを回動させ、帯状部材108を指の掌面に接触させた状態にすることで指に素材の感触を提示できる。また、この状態で駆動ローラー106を回転させて帯状部材108の搬送制御を行うことにより、指先に対して物体の移動を伴う触覚を提示でき、さらには、ブレーキ板109bを帯状部材108に接触させたときに生じる摩擦熱

を帯状部材108から指先に伝達することで温覚を提示できる。

【0215】以上に説明した触覚や温覚の提示に必要な制御要素をまとめると、下記ようになる。

【0216】C) 検出のための要素

・触覚提示に必要なセンサ（圧力センサやローラーの回転検出用センサ等）

・温覚提示に必要な熱や温度検出用のセンサ

D) 駆動制御のための要素

・指先へのクリック感の提示機構

・指先への素材感の提示機構

・発熱／吸熱装置。

【0217】先ず、上記C)の触覚提示に必要なセンサについては、例えば、前記した触覚提示板102が指先に予定した押圧力でもって接触されるように制御したり、あるいは、触覚提示板102Aにおいて帯状部材108の送り速度を制御するために使用される。そして、熱や温度検出用のセンサは、温覚提示を行う場合の温度制御に使用されることは勿論、過度の熱提示が行われないようにするためにも必要である。尚、これらのセンサによって得られる検出信号は全て入出力インターフェイス部10（図6参照。）を介して中央制御部9に送られる。

【0218】上記D)の提示機構については、上記して触覚提示板102、102Aの駆動機構や帯状部材108の送り機構が挙げられ、また、発熱／吸熱装置については、前記したように触覚提示板102に発熱／吸熱部104を付設した構成や、帯状部材108との接触により摩擦熱を発生させる発熱機構が挙げられるが、これらに対する制御信号は中央制御部9から入出力インターフェイス部10を介してそれぞれの機構に対して送出される。

【0219】尚、上記した装具類8と入出力インターフェイス部10との間の情報伝達については（図6参照。）、これを有線式通信で行っても無線通信で行っても構わないが、対象者の動作や移動の自由度を制限しないという観点からは無線通信の方が好ましい（例えば、IEEE1934の規格に準拠した赤外線又は無線を使った入出力インターフェイス等。）。

【0220】次に中央制御部9の構成について説明する。

【0221】図64は中央制御部9において視覚・聴覚情報に関する情報処理部分の構成例を主として示したものであり、映像・音声合成部110と統括制御部111を備えている。

【0222】映像・音声合成部110は、統括制御部111により仮想空間について規定される規則に従ってポリゴンデータ等の形状データやテクスチャデータに基づいて映像（ステレオ映像等。）信号や音声信号を生成して、これらをヘッドマウントディスプレイ等の視覚表



示及び音声装置に出力したり、あるいはテクスチャーデータに含まれる重量、力覚や触覚、温覚等の情報を統合して後述する位置及び力覚制御部に提供する役割をもっている。尚、重量、力覚や触覚、温覚等の情報を、材質の質感等を表現するテクスチャーデータに包含させる理由は、その方がデータ量を削減できるからである。

【0223】前記したように力触覚提示では仮想現実と仮想イリュージョンとを区別する必要がある、そのために、本例では仮想現実データベース部110aと仮想イリュージョンデータベース部110bとを独立して設けている。

【0224】仮想現実データベース部110aを構成する構築されたデータベースは下記の通りである（括弧内は符号を示す）。

【0225】

- a) 環境データベース(110a\_1)
- b) 人体データベース(110a\_2)
- c) 衣服データベース(110a\_3)
- d) 道具データベース(110a\_4)。

【0226】先ず、環境データベース110a\_1は、仮想現実世界を体験する被験者（の疑似映像）が、仮想現実空間において存在するための環境を提供するデータ群であり、例えば、無限平面や部屋等の映像データである。但し、被験者が触ったり、動かす等して仮想的に影響を及ぼすことのできる物体（仮想物体）、例えば、襖、椅子、窓、武器等のデータは道具データベース110a\_4に含まれるので、壁や天井、景色等のように動かせないものが環境データベースのデータとなる。

【0227】人体データベース110a\_2は仮想世界を体験する被験者自身、あるいは登場人物（仮想人物）の映像や音声データを含むデータベースである。

【0228】衣服データベース110a\_3は被験者の着衣や登場人物の衣類を構成するためのデータベースであり、例えば、甲冑やドレス等の構成データが含まれる。

【0229】道具データベース110a\_4は、被験者が力学的作用を及ぼして動かすことのできる物体（仮想物体）を構成するためのデータベースであり、例えば、コップや椅子等の構成データが含まれる。

【0230】仮想イリュージョンデータベース部110bについては、人間が実際に体験できない現象を仮想的に作成して構成するためのデータベースが使用され、例えば、触ると融けて軟らかくなる壁や、握手すると融け出す人間、火や水でできた甲冑、触ると砕け散って雪だるまが出て話出す本等、幻想の世界を仮想的に生成するための一切のデータが含まれる。尚、このデータベースについても、上記した仮想現実データベースの場合と同様に、a)乃至d)のデータベースに対応するデータベースによって構成されるが、各データベースの区分けについて、仮想現実データベースの場合ほどの厳密さは要

求されない。例えば、仮想現実データベースの場合には、環境データベースと道具データベースとの区別に関して、被験者が触って動かせるか否かが判断の基準となっているが、仮想イリュージョンデータベースの場合には、被験者が触らなくても動かせる仮想物体があり得るので、これを道具データベースに包含させても問題はないし、壁が衣服に変化する場合にはこれを衣服データベースに包含させても良いからである。

【0231】これらのデータベースはいずれも映像情報に基づく視覚的な提示に利用するためのものであり、これらはポリゴン（データ）生成部110cにより参照される。このポリゴン生成部110cは上記した各種のデータベースに基づいて各種のポリゴンデータを生成するために必要とされ、各データベースにそれぞれ対応した生成部（環境データベース110a\_1に対する環境ポリゴン生成部110c\_1、人体データベース110a\_2に対する人体ポリゴン生成部110c\_2、衣服データベース110a\_3に対する衣服ポリゴン生成部110c\_3、道具データベース110a\_4に対する道具ポリゴン生成部110c\_4）が設けられている。

尚、人体ポリゴン生成部110c\_2では、後述する現状モーション生成部からのデータに基づいて被験者のポリゴンデータを生成する。

【0232】また、仮想イリュージョンデータベース部110bについても仮想現実データベースの場合と同様にポリゴン（データ）生成部110dが設けられている。

【0233】仮想ポリゴン合成部110eは、上記したポリゴン生成部110c、110dによって生成されたデータを合成して出力する部分であり、画像合成された情報（ステレオ映像等）は視覚表示及び音声出力装置11（ヘッドマウントディスプレイ等）の（ステレオ）映像出力装置112に送出される

情報統合部（110f乃至110h）は、各ポリゴン生成部から得たテクスチャーデータから重力、力覚、触覚、温覚のデータを取り出してまとめた上で、各データ群を後述する位置及び力覚制御部に送出する。つまり、重力についての情報は重力情報統合部110fで抽出された後に後述の重力認識部に送られ、力覚についての情報は力覚情報統合部110gで抽出された後に後述の力覚認識部に送られる。また、触覚と温覚についての情報は触覚及び熱情報統合部110hにおいて抽出された後に、両者が後述の触覚及び熱認識部に送られる。

【0234】干渉比較部110iは、各ポリゴン生成部によって得られた全てのデータに基づいて、例えば、被験者と仮想物体との間に干渉が起きているか否かを判別するために設けられており、干渉がある場合、即ち、仮想物体との接触や仮想物体から受ける力覚や温覚の提示を要する可能性があるかと判断した場合に、下記に示す割り込み（INT）を発生させる。

【0235】・位置又は力覚制御に対するINT（例えば、値「0」のとき「位置制御」を示し、値「1」のとき「力覚制御」を示す。）

・触覚制御に対するINT（例えば、値「0」のとき「制御なし」を示し、値「1」のとき「制御あり」を示す。）

・温覚制御に対するINT（例えば、値「0」のとき「制御なし」を示し、値「1」のとき「制御あり」を示す。）

【0236】尚、これらによる制御内容については後述する。

【0237】映像・音声合成処理部110への入力情報は、前記した磁気センサやジャイロセンサによって得られる検出情報であり、磁気センサ（図の「MGS」）の検出情報は音声信号処理部110jや仮想ポリゴン合成部110eに送出され、ジャイロセンサ（図の「JYS」）の検出情報はポリゴン生成部110cに送出される。

【0238】音声信号処理部110jは仮想現実世界や仮想イリュージョンの世界における音源のデータベースに基づいて音声情報を生成し、これを視覚表示及び音声出力装置11の音声出力部113に送出する。尚、この音声信号処理部110jは、仮想現実と仮想イリュージョンとの間で共用できる。

【0239】統括制御部111は、仮想現実又は仮想イリュージョンの世界を視覚表示・音声出力装置11や力覚・温覚提示用の装具を通して現出させるか否かの選択や、前記保護機構（危険回避の機構）の作動後における復旧の判断を行ったり、仮想現実や仮想イリュージョンの世界での閉じた規則を司っている中枢部分である。尚、この統括制御部111は、装具の着脱性を向上させるため、対偶の状態を一時的に保持するのに使用する対偶保持機構114の制御も行っている（図47、61のスライダー機構89において、装具を着る時や脱ぐときに、スライド部材90を移動させる。）。

【0240】次に、位置や力覚、触覚及び温覚の制御について説明する。

【0241】図65は中央制御部9を構成する位置及び力覚制御部115と、触覚及び温覚制御部116の構成例を示したものである。

【0242】位置及び力覚制御部115は下記に示す構成要素を備えている（括弧内は符号を示す。）。

【0243】・位置認識部（115a）

初期のキャリブレーション（後述する）によって取得したデータ等をもとにして各ワイヤー長から関節の角度を求める処理を行う。そのために、ワイヤー長を検出するセンサ（図の「WLS」）から検出情報を受け取り、認識結果についてはこれを後段の実重力認識部に送出する。

【0244】・実重力認識部（115b）

上記重力情報統合部110fから得られる被験者の重量データに、装具の総重量を示すデータを加算するとともに、位置認識部115aによって得られた情報に対して実際の重量データを付加する。つまり、これによって装具を纏った被験者の重量が決定される。

【0245】・仮想重力認識部（115c）

上記重力情報統合部110fからの仮想物体に重量を付与し、実重力認識部115bで得たデータに対して仮想重量データが付加される。例えば、被験者が仮想物体である本を手にもった場合には、本に付与された仮想重量（仮想物体に対して想定した重量）を加味する必要がある。

【0246】・力覚認識部（115d）

張力センサ（図の「TTS」）からの情報を取得したり、力覚情報統合部110gからの仮想物体による力覚の情報及び仮想重力認識部115cからの仮想重量とに基づいてどの程度の力覚を被験者が受けるかを算定する。例えば、被験者が仮想物体を手にもっている状況を想定した場合には、当該仮想物体が現実の物体であったとしたときに手や腕が受けるであろう力を計算により認識する。但し、上記した干渉比較部110iからの位置又は力覚制御に対する割り込み（INT）が発生して、その時の値が「0」のときには動作しない。

【0247】・現状モーション生成部（115e）

後述の予測モーション生成部とともにモーション生成部を構成する部分であり、上記実重力認識部115bからのデータ及び人体データベース110a\_2のワイヤーフレームデータに基づいて、被験者の現時点におけるモーションをワイヤーフレームデータとして取得し、これを人体ポリゴン生成部110c\_2や後述の危険回避制御部に送出する。但し、上記した干渉比較部110iからの位置又は力覚制御に対する割り込み（INT）が発生して、その時の値が「1」のときには動作しない。

【0248】・予測モーション生成部（115f）

力覚認識からのデータ及び人体データベース110a\_2のワイヤーフレームデータに基づいて、被験者について予測されるモーションをワイヤーフレームデータとして取得し、これを後述のワイヤー長制御部に送出する。但し、上記した干渉比較部110iからの位置又は力覚制御に対する割り込み（INT）が発生して、その時の値が「0」のときには動作しない。

【0249】・危険回避制御部（115g）

現状モーション生成部115eによって得られるワイヤーフレームに基づいて人体によって危険な体位を取ろうとする時や、関節の許容角度を逸脱するような体位が予測される場合に、ワイヤーとその駆動源とを切り離して防止するものである。例えば、永久磁石と電磁石を使った電磁クラッチ機構117において両者を分離することで、ワイヤーの駆動を禁止する。

【0250】図66は電磁クラッチ機構を用いたときの

制御動作の一例を示したフローチャート図である。

【0251】先ず、ステップS1において接触検知用センサからの検出信号を取得した後、次ステップS2において、電磁クラッチ機構が結合状態にあるか否かを判断する。例えば、図39に示す例では、ワイヤー73に固定された永久磁石77と、スライド式駆動部81のワイヤー部81aに対して固定された電磁石79とが結合しているか否かを、接触検知用センサ78、78'からの検出信号に基づいて判断し、両者の結合によってワイヤー73をスライド式駆動部81で引っ張ることができる状態である場合には、ステップS4に進むが、そうでないときはステップS3に進んでスライド式駆動部81を制御してワイヤー部81aがワイヤー73に近付くように移動させた後、ステップS1に戻る。

【0252】ステップS4において張力センサ(TTS)からの検出信号を取得した後、次ステップS5ではワイヤーの牽引力が危険な状態にあるか否かが問われ、これが安全圏内にある場合には、ステップS4に戻るが、そうでない場合には次ステップS6に進み、電磁クラッチ機構が非結合状態となる(例えば、永久磁石と電磁石とが分離する)。

【0253】尚、ステップS7における機構的な割り込みの発生時、例えば、ワイヤーへの牽引力が急上昇して危険状態が発生し、これに対して緊急に対処する必要がある場合には、次ステップS8に進んで、ワイヤーの牽引力が永久磁石の吸着力を越えたときにステップS6に進む。また、ワイヤーの牽引力が永久磁石の吸着力以下の場合にはステップS4に進む。

【0254】・ワイヤー長制御部(115b)  
予測モーション生成部115fからのデータに基づいて各ワイヤーの長さを制御するものであり、ワイヤー駆動部118に対して制御信号を送出する。尚、上記した干渉比較部110iからの位置又は力覚制御に対する割り込み(INT)が発生して、その時の値が「0」のときには、ワイヤーの張力が一定となるように、現状モーション生成部115eによる体位を基準として、予測モーション生成部115fからの体位へと移行するようにワイヤー長を制御する。また、値が「1」のときには、現状モーション生成部115eによる体位を保持したままで、予測モーション生成部115fから得られる力覚だけを提示するようにワイヤー長を制御する。

【0255】触覚及び温覚制御部116は、下記に示す構成要素を備えている(括弧内に符号を示す)。

【0256】・熱認識部(116a)

被験者の指先の温度情報を、熱又は温度検出用のセンサ(図の「THS」)により取得して監視するものである。尚、当該情報が許容範囲から逸脱している場合、例えば、上限温度を越えて危険な温度に達している場合には、発熱・吸熱装置119への電力供給を停止するか、又は制御を反転させる(発熱から吸熱への移行あるいは

その逆の移行)ための信号を発生させ、後述の熱制御部に送出する。

【0257】・触覚認識部(116b)

圧力センサ(図の「PSS」)によって指先の圧力の状態を検出したり、あるいはローラー(図68の106、107を参照。)の回転数を回転検出センサ(図の「RLS」)によって検出して監視するものである。尚、検出した圧力が許容範囲内から逸脱したと判断したとき、あるいはローラーの回転数が速すぎると判断した場合には、その旨を後述の触覚制御部に送出して、過度の圧力等が指に加わらないように防止する。

【0258】・熱パターン生成部(116c)

後述の触覚パターン生成部とともにパターン生成部を構成しており、上記モーション生成部や触覚及び熱情報統合部110hからの情報、そして熱認識部116aからの情報に基づいて指先に提示したい温度感覚の提示パターンを生成する。尚、上記した位置及び力覚に対する割り込み(INT)が発生して、その時の値が「1」とされ、かつ、温覚制御に対する割り込み発生時の値が「1」のときにのみ動作する。

【0259】・触覚パターン生成部(116d)

上記モーション生成部や触覚及び熱情報統合部110hからの情報、そして触覚認識部116bからの情報に基づいて指先に提示したい触覚の提示パターンを生成する。尚、上記した位置及び力覚に対する割り込み(INT)が発生して、その時の値が「1」とされ、かつ、触覚制御に対する割り込み発生時の値が「1」のときにのみ動作する。

【0260】・熱制御部(116e)

熱パターン生成部116cからの指令を受けて発熱・吸熱装置(ペルチェ素子等。)119に制御信号を送出する部分である。

【0261】・触覚制御部(116f)

触覚パターン生成部116dからの指令を受けて触覚提示板の駆動機構120やローラー駆動部121に対して制御信号を送出して制御を行う部分である。

【0262】尚、触覚制御については、指の圧力を加えるタイミングを予め設定しておき、当該タイミングになったときに仮想映像による入力装置(キーボードやマウス、ジョグダイヤル、トラックボール等)を視覚表示装置上に表示して、仮想の入力装置への打鍵や鉤操作によってコマンドによる指示やデータ入力等を行うことができる。

【0263】次に、装具に関する初期設定時に行うキャリブレーション処理について図67乃至図69に従って説明する。

【0264】図67は、関節可動域(関節が動作する範囲)やワイヤー長の時間的变化や、位置制御速度の最大値を取得するための処理例を示すフローチャート図である。

【0265】先ず、ステップS1では、対象者に装具を装着してから、各ワイヤーの張力が一定の状態となるようにワイヤー駆動部118を制御した上で、次ステップS2では、被験者（対象者）に対して動作の模倣を促すために音声情報（視覚表示及び音声出力装置11内の音声出力装置113を通した音声ガイド）を伝える。

【0266】被験者に模倣してもらう動作については、例えば、下記に示す例が挙げられる。

【0267】・手を前に出して拳をつくった状態での、肘伸展、回内、第2乃至第5指のDIP、PIP、MP屈曲、第1指のIP、MP屈曲

・手で鉄アレイを把持して、これを上げてからの回外、肘屈曲、指屈曲時の手首の掌屈

・手を前に出して掌面を平らにした状態における、対立の平坦位、第2乃至第5指のMP外転、第1指のCM橈屈外転

・手首を下に曲げた状態からの指伸展時の手首の掌屈

・手首を上曲げた状態からの手首の背屈

・手刀状態での、第2乃至第5指のDIP、PIP、MP伸展とMP内転

・親指を小指の付け根につけた状態での、対立の湾曲位、第1指のCM尺屈内転。

【0268】次ステップS3では、模倣すべき動作を映像情報として被験者に提供するために当該情報を視覚表示及び音声出力装置11に送出する。そして、この装置に映し出された手や腕の動作（模範動作）を示す映像と、被験者の手や腕を撮影して得られる映像とがほぼ重なるように被験者に動作を模倣してもらう。尚、模範動作の映像と、被験者の映像を合成して視覚表示及び音声出力装置11の映像出力装置112上に映し出すには、例えば、ヘッドマウントディスプレイ等の視覚表示及び音声出力装置11に撮像手段（CCD型やMOS型のエリアイメージセンサ等の固体撮像素子等。）を付設して撮影した被験者の映像信号を入出力インターフェイス部10を介して中央制御部9に一旦取り込んだ後、画像座標系での位置補正及び模範動作を示す映像との画像合成処理を施してから出力信号を視覚表示及び音声出力装置11に送出すれば良い。

【0269】次ステップS4において、各ワイヤー長の検出を行い、長さ変動が予め決められた基準範囲内であるか否かを位置認識部115aで判断する。そして、変動が基準値以上の場合にはステップS3に戻って動作の模倣を再実行してもらうが、そうでない場合には次ステップS5に進む。

【0270】ステップS5では、予め決めておいた一定の時間間隔（サンプリング周期）に従って計時を行うとともに、時間経過に伴う各ワイヤー長の変位量（動作開始時におけるワイヤー長を基準としてサンプリング時刻毎に検出したワイヤーの長さ変位）を示すデータを取得した後で、ステップS6に進む。

【0271】例えば、図68のグラフ図に示すように、横軸に時間「 $t$ 」をとり、縦軸には、あるワイヤー長「 $L$ 」をとって、グラフ曲線 $g_y$ （若者の場合）とグラフ曲線 $g_o$ （高齢者の場合）を概略的に示したものである。尚、図中の「 $t_0$ 」は動作開始時点を示しており、「 $\Delta Ts$ 」はサンプリング（時間）間隔を示している。また、「 $L_0$ 」は被験者の動作直前のワイヤー長、「 $L_1$ 」は被験者の動作終了時のワイヤー長をそれぞれ示している。つまり、ワイヤー長の変位量は「 $\Delta L = L - L_0$ 」で表され、その最大値（関節可動域）が「 $\Delta L_{\max} = L_1 - L_0$ 」である。

【0272】図から分かるように、若者の場合には動作開始直後から $\Delta L$ が直ぐに立ち上がって $L = L_1$ に漸近して飽和する様子が認められ、高齢者の場合には動作開始直後から $\Delta L$ がゆっくりと立ち上がって最終的には $L = L_1$ に飽和する様子が認められる。

【0273】よって、ある時刻 $t$ （ $= t_0 + n \cdot \Delta Ts$ 、 $n$ は自然数。）におけるワイヤー長 $L$ からその変位量 $\Delta L$ （関節角度や回内・回外角度等に対応する。）を求めることができるので、このデータを時間情報とともに記憶手段に格納しておくことにより被験者の動作をワイヤー長の時間変化として取得することができる（この処理が図67のステップS6である。）。尚、その際、被験者の人体構造モデル（人体に関する力学的構造を示す数値モデルであり、例えば、特願平10-266号（特開平11-192214号）を参照。）を予めデータベース化したものを利用できる場合には、当該モデルから得られる各関節の可動範囲や動作時間等を上記の検出データと比較・対照をすることによって、例えば、被験者の筋肉等に無理な力がかかっているか否か等を判断することができる。

【0274】続くステップS7（図67参照。）では全ての動作についてステップS6でのデータ取得が終了したか否かを判断し、終了時にはステップS8に進むが、未終了時にはステップS2に戻る。

【0275】ステップS8では各ワイヤーの位置制御（あるいはワイヤー長の制御）における最大速度（ $V_{\max}$ ）を算出する。

【0276】つまり、図68に示したグラフ曲線における勾配（あるいは傾き）を計算したとき、その中で最大の $V_{\max}$ であり、これはワイヤー長の制御において $V_{\max}$ を超える速度でワイヤーが引っ張られるのを禁止するために必要である。尚、「 $V_{\max} = \max(\Delta L_i / \Delta Ts)$ 」である。但し、「 $\Delta L_i$ 」は、整数変数を「 $i$ 」としたとき、時刻 $t = t_0 + i \cdot \Delta Ts$ でのワイヤー長 $L(i)$ と、時刻 $t = t_0 + (i+1) \cdot \Delta Ts$ でのワイヤー長 $L(i+1)$ との差、「 $L(i+1) - L(i)$ 」であり、また、 $\max(X)$ は変数 $X$ の変域内での最大値を示す関数である。

【0277】このように、対象の動作変化に伴うワイヤ

一長の時間的变化を示す $t$  (時間) -  $L$  (ワイヤー長又は位置変位) 特性を取得するとともに、当該変化における勾配を算出することでワイヤー部材の駆動制御について許容される制御速度の最大値又はこれに安全率を加味した上限値を求めることができる。

【0278】図69は、力触覚提示量の最大値や、力覚提示速度の最大値を取得するための処理例を示すフローチャート図である。

【0279】先ず、ステップS1では、装具の装着後において、ワイヤー駆動部118の制御によりワイヤー部材の長さが一定となるように、ワイヤー長を一定値に保った状態とし、また、指先への触覚提示については上記触覚提示板(102、102A)を指に接触させて、この状態を保持した後、次ステップS2に進む。

【0280】ステップS2や次ステップS3については、図67のステップS2やS3と同様であり、被験者に対して音声ガイドによる動作説明を行い、視覚表示及び音声出力装置11に映し出される動作を模倣してもらう。

【0281】続くステップS4では各ワイヤーの張力を張力センサで検出して、その変動率が予め決められた基準値以下であるか否かを力覚認識部115dが判断し、そうであれば次ステップS5に進むが、そうでなければステップS3に戻って動作を再実行してもらう。

【0282】ステップS5では、予め決めておいた一定の時間間隔(サンプリング周期)に従って計時を行うとともに、時間経過に伴う各ワイヤーの張力変化(動作開始時における張力値を基準としてサンプリング時刻毎に検出したワイヤー張力の変化量)を示すデータを取得及び、かつ、各時刻で指にかかる圧力値を圧力センサで検出した後、ステップS6に進む。つまり、横軸を時間軸とし、縦軸をワイヤーの張力又は指への圧力としたグラフ図において、図68での説明と同様の手順でサンプリング時刻毎の検出データを得て、これを時間情報とともに記憶手段に格納しておくことにより、被験者の動作に基づくワイヤー張力の変化(手や腕の動作に対応して被験者に付与される力覚の度合を示す。)及び指への圧力変化(指の動作に対応して被験者に付与される触覚の度合を示す。)を取得することができる。

【0283】ステップS7では全ての動作についてのデータ取得が終了したか否かを判断し、終了時にはステップS8に進むが、未終了時にはステップS2に戻る。

【0284】ステップS8では各ワイヤーの張力制御における最大速度及び触覚提示制御における最大印加圧(最大提示圧)を算出する。つまり、前者の最大速度については、対象の動作変化に伴うワイヤー張力の時間的变化を示す $t$  (時間) -  $TS$  (ワイヤー張力) 特性を取得するとともに、当該変化における勾配を算出することで対象について許容される力覚提示速度の最大値又はこれに安全率を加味した上限値を求めることができ、この

値を超える張力に対応した力覚が被験者に提示されるのを禁止するために必要である。また、後者の最大印加圧は、検出された圧力値の最大値であり、この値を超える圧力が指にかからないように規制するために必要である。

【0285】以上に説明した力触覚提示装置の適用例としては、下記に示す分野が挙げられる。

【0286】・仮想現実を利用した各種のシミュレーターや、テレリアリティ分野における遠隔操作時の力触覚提示装置

・仮想イリュージョンを利用したゲーム機器

・医療分野における対偶の駆動補助や動力補助のための装置

・人体の関節自由度をそのままに模倣したマニピュレータやロボットアーム等。

【0287】最後の例については、人体の手や腕の関節構造を模写して作成した骨格構造物に対して、上記した装具やワイヤーを取り付けるとともに、ワイヤーの駆動機構や駆動源等を骨格構造物に内蔵した構成のマニピュレータやハンドを作成することができる。そして、これらのマニピュレータに付設したのと全く同等の装具やワイヤー等を被験者の手腕に装着すれば、マニピュレータで物に触ったり持ち上げたりしたときの力触覚を、被験者の手や腕にそのまま写して提示することができるようになる。

【0288】しかして、本実施例に係る力触覚提示装置によれば、下記に示す利点を得ることができる。

【0289】・人体の関節だけを使用しているので、関節構造や軸構造をもった外骨格機構部を人体に付設する必要がない。よって、機構部の軽量化や薄型化に適しており、装着が容易であって、かつ動き易い。

【0290】・人体の筋配置を模倣したワイヤーの駆動制御を実現し、当該ワイヤーの駆動部を効率的に装具に配置することで省スペース化が可能である。また、ワイヤー及びその駆動機構と、バネ部材を使った機構とを組み合わせることで動力源やワイヤー駆動機構を削減できる。

【0291】・基本的には手部の背面にサポーターを付設するだけで済むので、温度や触覚の提示機構を掌面に設ける際に支障を来さない。

【0292】・サポーターによる圧迫やワイヤーによる損傷等に対して安全対策を講じている。

【0293】・キーや釦等に触った瞬間の感触のように、硬いものに触れたときの触覚提示が可能である。

【0294】・指先で素材に触った感触や、該素材が1方向に流れて行くかの如き触覚提示が可能である。

【0295】・指先に温覚を提示できる。

【0296】・力覚提示用のワイヤー部材を動作認識のための検出手段として使用することでモーションキャプチャーの機能を実現できる。



## 【0297】

【発明の効果】以上に記載したところから明らかなように、請求項1に係る発明によれば、被覆部材に対して触覚提示部材を設けて、これを回転させるだけで、指の掌面に触覚を提示することができるので、機構が簡単になり、触覚提示機構をコンパクトに作成することができる。

【0298】請求項2や請求項6に係る発明によれば、触覚提示部材に発熱素子又は吸熱素子を設けることで温覚提示を容易に行える。

【0299】請求項3や請求項7に係る発明によれば、駆動ローラーと従動ローラーとに亘って無端状の帯状部材を走行させることで、移動体との接触時の感触を提示することができる。

【0300】請求項4や請求項8に係る発明によれば、摩擦係数の高い材料で形成された当接部を帯状部材に接触させて摩擦熱を発生させることで、発熱素子を使用することなく温覚提示(熱提示)を容易に行うことができる。

【0301】請求項5に係る発明によれば、ワイヤー部材の駆動制御により力触覚を提示するタイプの力触覚提示装置において、指の先端部に装着される被覆部材に触覚提示部材を取り付けて、これを駆動手段によって回転させる機構を設けるだけで良いので、装具の軽量化や機構の簡素化に適している。

【0302】請求項9に係る発明によれば、手指の屈曲位又は伸展位の方角への付勢力を得るための弾性部材を用いることで、被覆部材に対して付設するワイヤー部材の数を低減することができるので、機構を簡素化できる。

【0303】請求項10や請求項11に係る発明によれば、触覚提示部材や被覆部材に対して付設される磁性体又は永久磁石と、電磁石を用いることにより、触覚提示部材の駆動手段を簡素に構成することができる。

【0304】請求項12や請求項13に係る発明によれば、モータ部とギヤを使った駆動手段によって触覚提示部材による指への提示圧を自在に変化させることができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る触覚提示機構の基本構成を示す説明図である。

【図2】指先に素材の感触を提示するための触覚提示機構について基本構成を示す説明図である。

【図3】指部における筋配置を概略的に示す側面図である。

【図4】本発明に係る力触覚提示装置の基本構成を示す図である。

【図5】図6乃至図69とともに、本発明の実施の一例を示すものであり、本図は仮想現実と仮想イリュージョンの概念に関する説明図である。

【図6】装置構成の概要を示す図である。

【図7】図8及び図9とともに対象者への装具の装着について説明するための図であり、本図は手指サポーターや前腕部サポーターの人体への装着方向に対して、上腕部サポーターの人体への装着方向が反対方向になっている例を示す。

【図8】各サポーターの人体への装着方向が統一されている例を示す図である。

【図9】各サポーターを人体に装着した状態を示す図である。

【図10】手部サポーターの全体を概略的に示す図である。

【図11】甲側からみた手部サポーターを概略的に示す図である。

【図12】側面からみた手部サポーターを概略的に示す図である。

【図13】渦巻バネの形状例を示す図である。

【図14】多連構造の渦巻バネ群と、その使用例を示す図である。

【図15】バネ強度の調節機構を被覆部に付設した状態を示す指部の側面図である。

【図16】バネ強度の調節機構について構成例を示す図である。

【図17】バネ強度の調節機構について別例を示す図である。

【図18】調節機構を渦巻バネの付け根に設けた構成例を示す図である。

【図19】指の大きさに合わせた被覆部の調整機構例を概略的に示す図である。

【図20】被覆部の背面に蝶番式コイルバネを用いた構成例を示す図である。

【図21】手部サポーターにおけるワイヤー配置について甲側からみた図である。

【図22】手部サポーターにおけるワイヤー配置について拇指側からみた図である。

【図23】ワイヤー端の処理例を示す説明図である。

【図24】MP関節付近の被覆部に設けられたV字状バネの配置を示す図である。

【図25】V字状バネの形状例を示す図である。

【図26】甲面サポーターの構成例を示す図である。

【図27】蝶番バネの形状例を示す図である。

【図28】蝶番バネの支持機構の要部を示す図である。

【図29】甲面サポーターの別例を示す図である。

【図30】内転・外転のための動作機構の一例を示す図である。

【図31】内転・外転のための動作機構に磁石を使った例を示す図である。

【図32】内転・外転のための動作機構の別例を示す図である。

【図33】3つの渦巻バネを並設した連結構造の要部を



示す図である。

【図34】スライド式反力調整機構の構成例を示す図である。

【図35】図36とともに拇指のCM関節における対立動作機構について説明するための図であり、本図は甲側からみた図である。

【図36】拇指の動作軸に直交する方向からみた図である。

【図37】手首サポーターの装着についての説明図である。

【図38】ワイヤー駆動機構の一例を示す図である。

【図39】ワイヤー駆動機構の別例を示す図である。

【図40】電磁クラッチ機構例を示す図である。

【図41】図42とともに手首サポーターを示す図であり、本図は甲側からみた図である。

【図42】ワイヤー部材だけを抽出してそれらの配置を示した図である。

【図43】手指サポーターにおけるワイヤーの支持例を示す図である。

【図44】指部について初期状態（外転・平坦位）と、内転・湾曲位の状態をそれぞれ示した図である。

【図45】甲面サポーターにおけるワイヤー部材の配置を示す図である。

【図46】手関節の動作に関するワイヤー部材の配置について説明するための図である。

【図47】図48とともに、手首サポーターの状態保持機構の一例を示す図であり、本図は指関節の屈曲状態を示す。

【図48】指関節の伸展状態を示す図である。

【図49】回内・回外動作にかかるワイヤー部材の配置を示す図である。

【図50】回外、立位、回内状態を示す説明図である。

【図51】C字状のガイド部材を前腕部サポーターの側面に付設した構成例を示す図である。

【図52】肘部結合用サポーターの構成例を示す図である。

【図53】前腕部サポーターと上腕部サポーターの構成例を示す図である。

【図54】図55及び図56とともに触覚提示機構の一

例を示すものであり、本図は平面図である。

【図55】要部を示す断面図である。

【図56】斜視図である。

【図57】触覚提示機構の別例を示す平面図である。

【図58】ギヤ駆動を用いた触覚提示機構の例を示す図である。

【図59】図60乃至図63とともにローラー駆動による带状部材の搬送機構を用いた触覚提示機構の一例を示すものであり、本図は平面図である。

【図60】触覚提示板の部分を示す平面図である。

【図61】触覚提示板の要部を示す側面図である。

【図62】触覚提示板の要部を示す斜視図である。

【図63】带状部材への摩擦付与のためのブレーキ板を示す斜視図である。

【図64】視覚・聴覚情報に関する情報処理部分の構成例を示す図である。

【図65】位置及び力覚制御部と、触覚及び温覚制御部の構成例を示す図である。

【図66】電磁クラッチ機構を用いた制御動作の一例を示したフローチャート図である。

【図67】関節可動域やワイヤー長の時間的変化、位置制御速度の最大値を取得するための処理例を示すフローチャート図である。

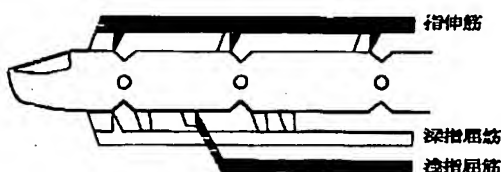
【図68】ワイヤー長さの時間的変化を示すグラフ図である。

【図69】力触覚提示量の最大値や力覚提示速度の最大値を取得するための処理例を示すフローチャート図である。

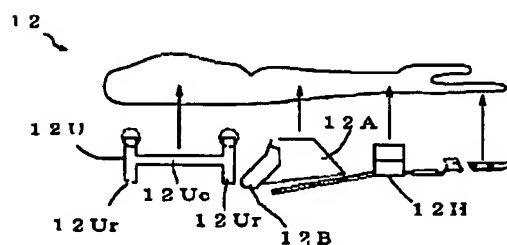
【符号の説明】

1、2…触覚提示機構、1a、2a…触覚提示部材、1b…駆動手段、1e…発熱素子又は吸熱素子、2b…駆動ローラー、2c…従動ローラー、2d…带状部材、2e…駆動手段、2f…当接部、3…力触覚提示装置、3a、3af…被覆部材、3b…ワイヤー部材、8、12…装具、101d、101d1、101d2…電磁石、102c…ギヤ部、102b、102b1、102b2…磁性体又は永久磁石、105…モータ部、105c…駆動ギヤ、106…駆動ローラー、107…従動ローラー、108…带状部材

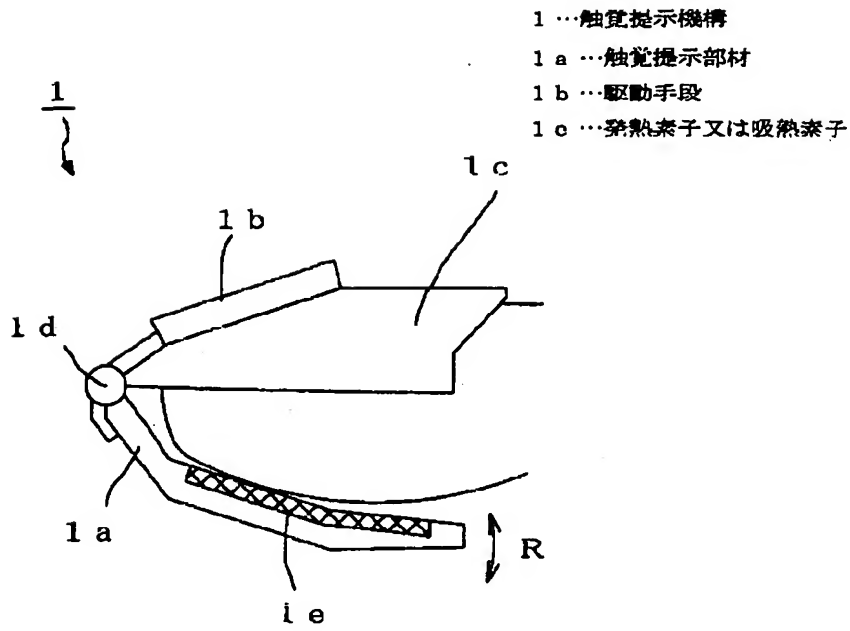
【図3】



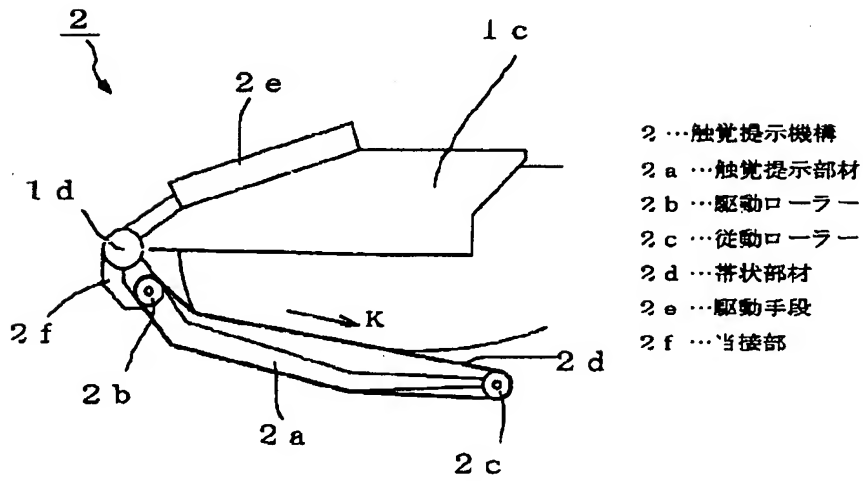
【図8】



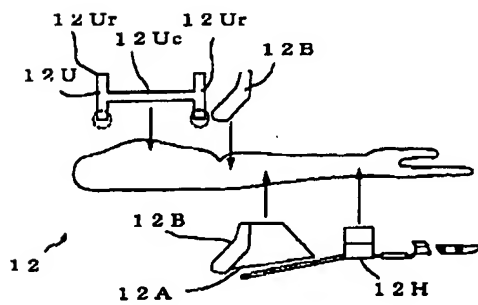
【図1】



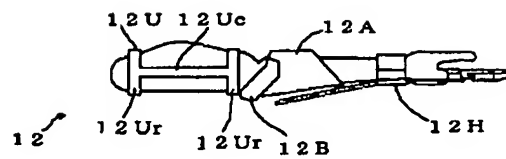
【図2】



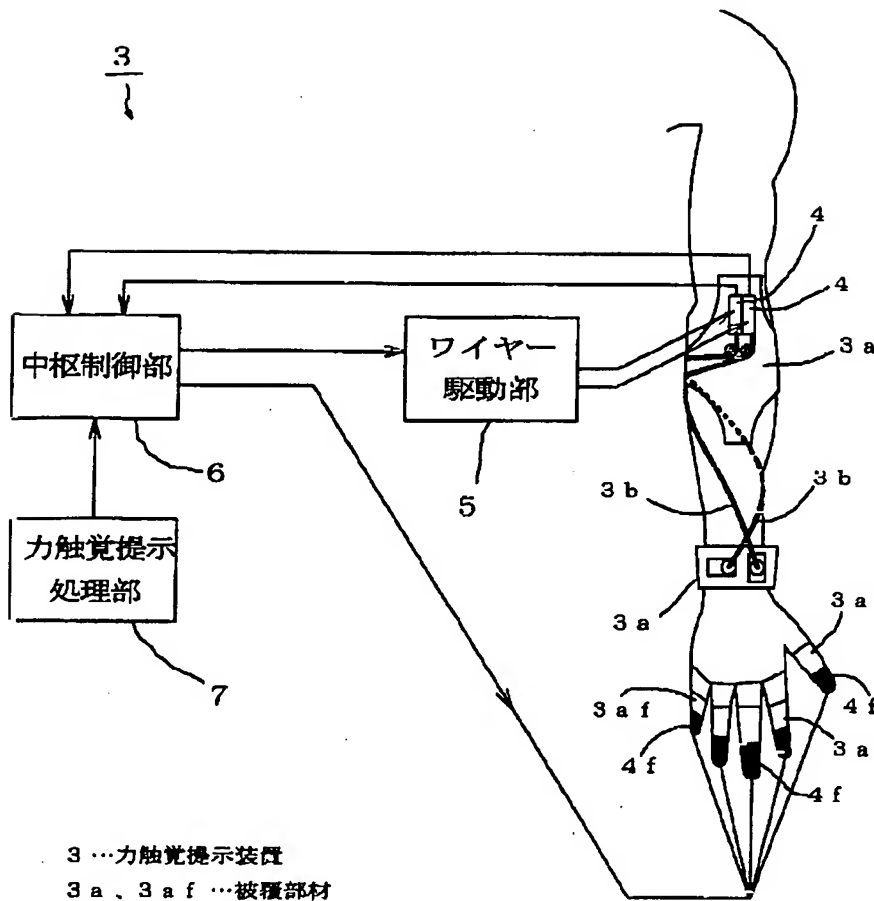
【図7】



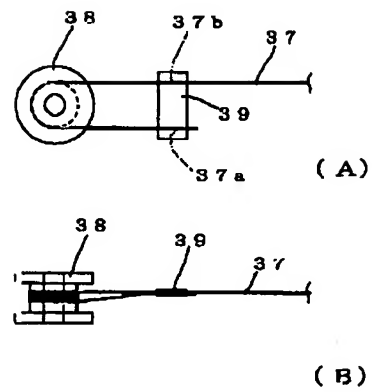
【図9】



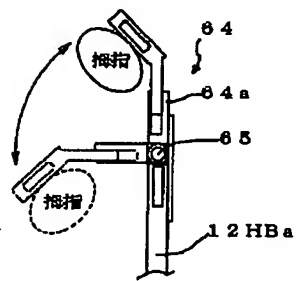
【図4】



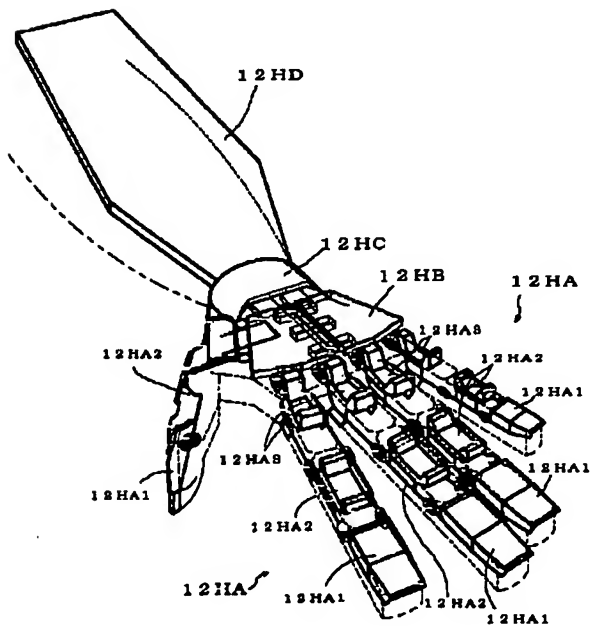
【図23】



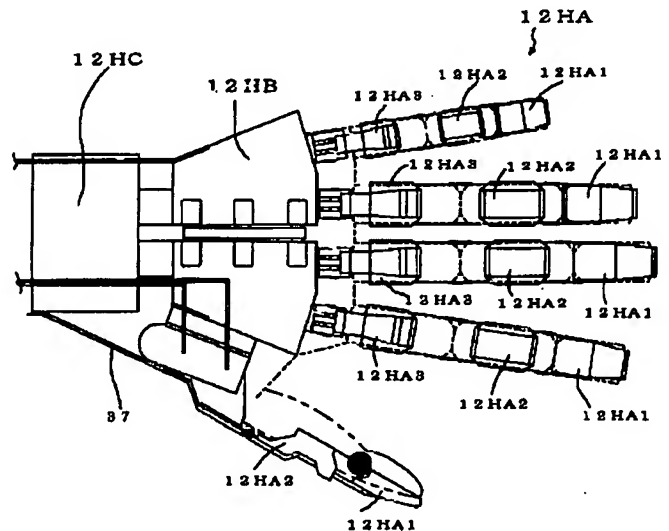
【図36】



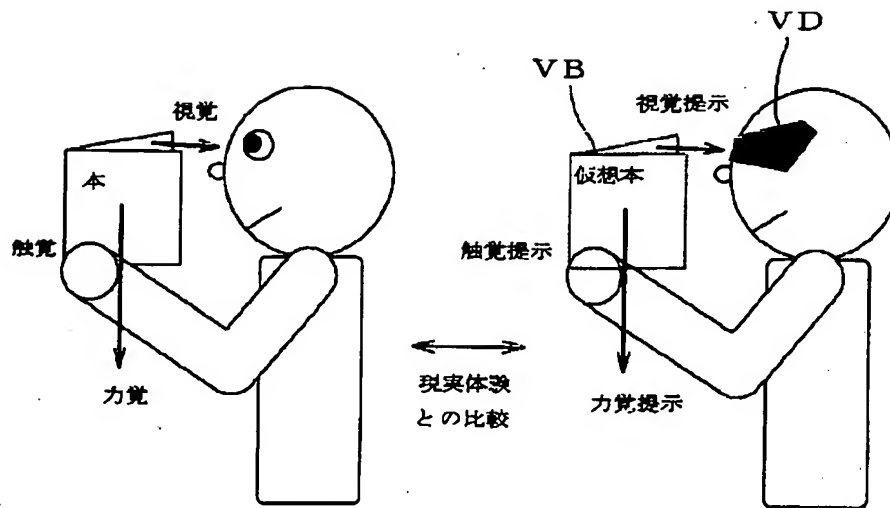
【図10】



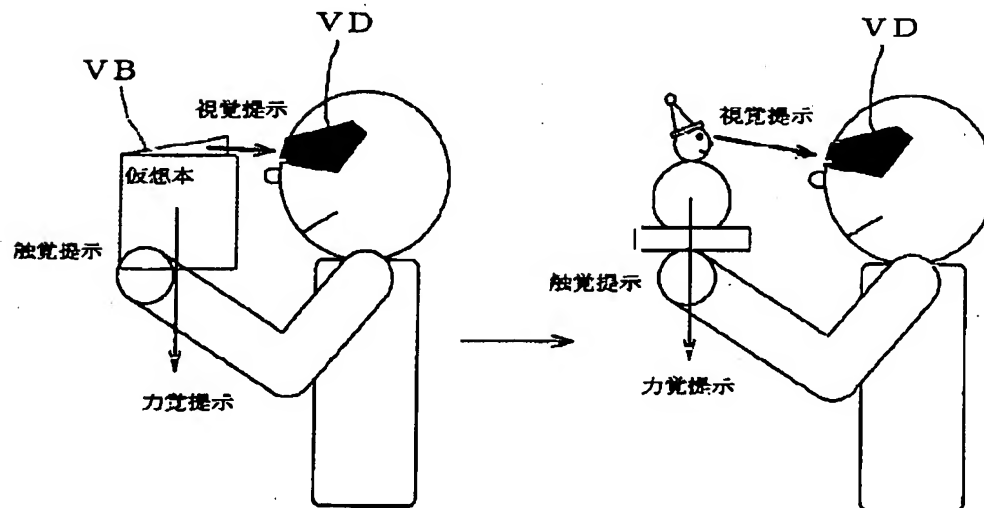
【図11】



【図5】

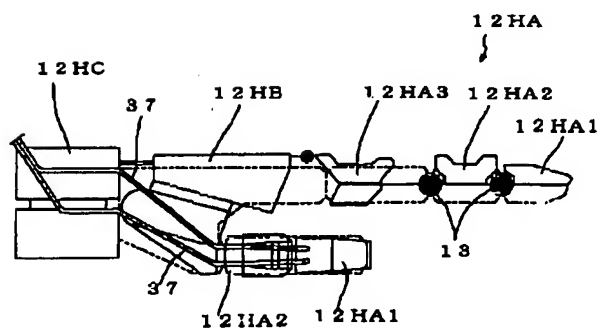


(A)

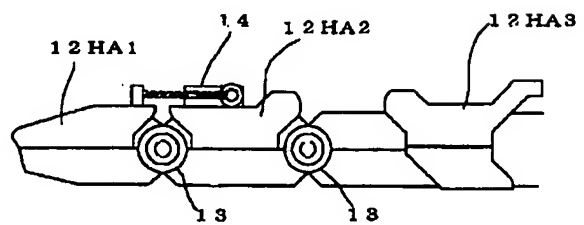


(B)

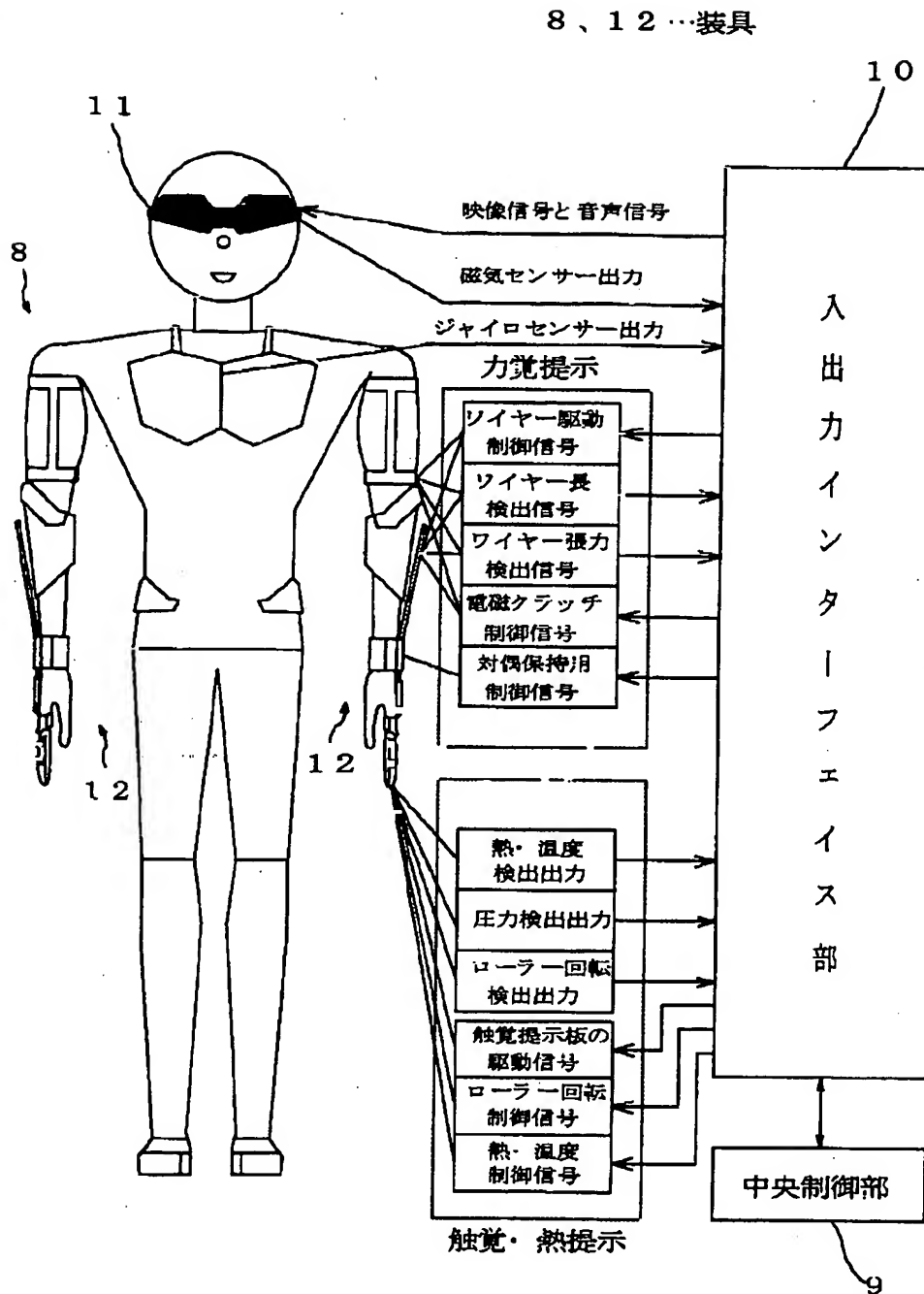
【図12】



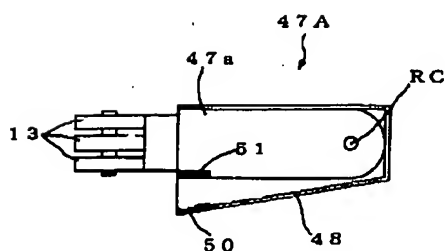
【図15】



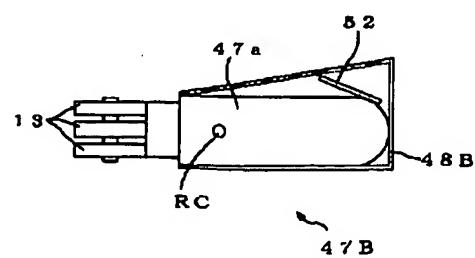
【図6】



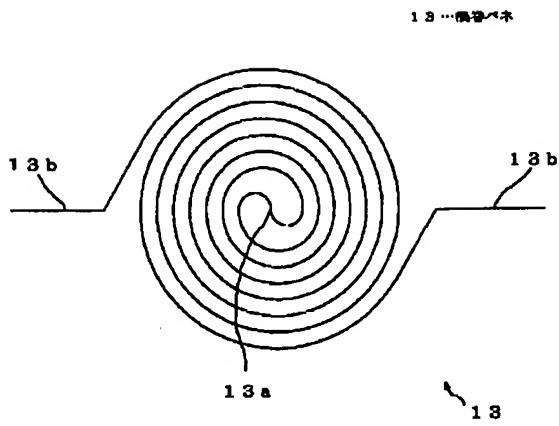
【図31】



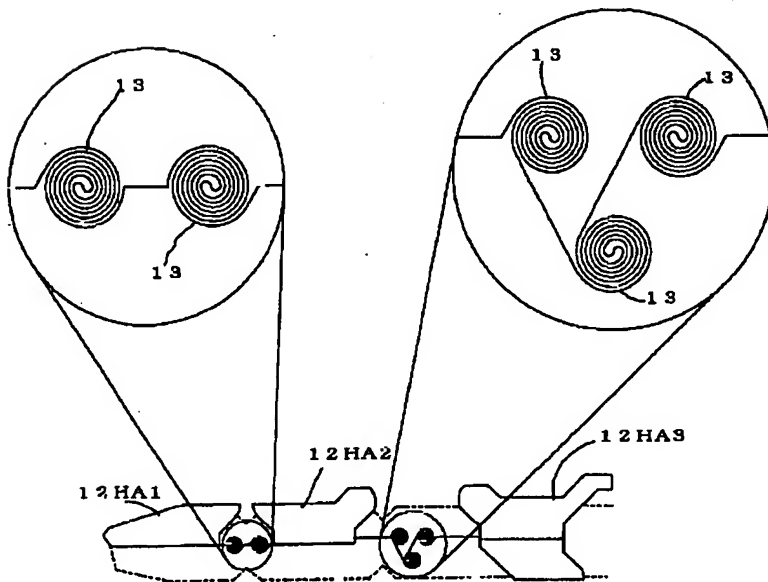
【図32】



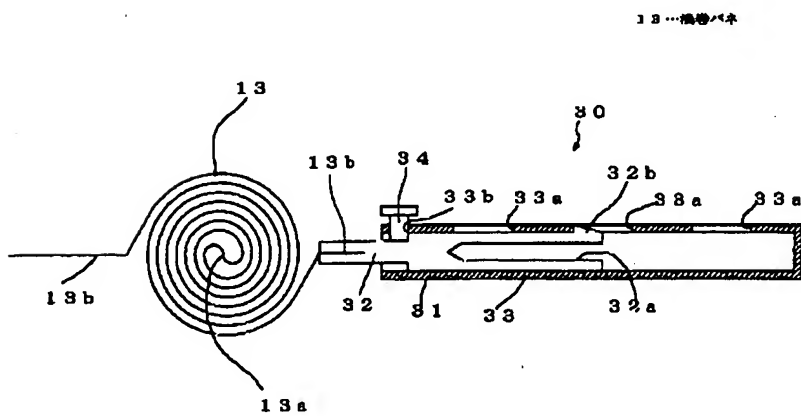
【図13】



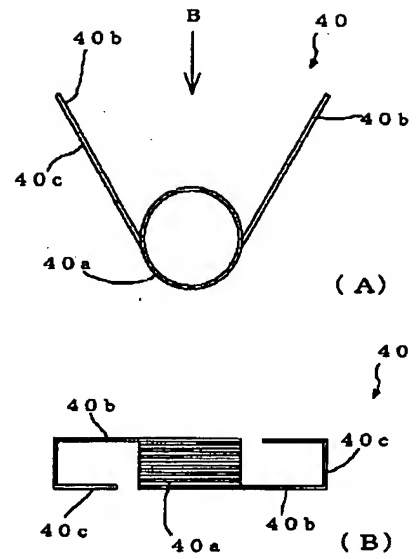
【図14】



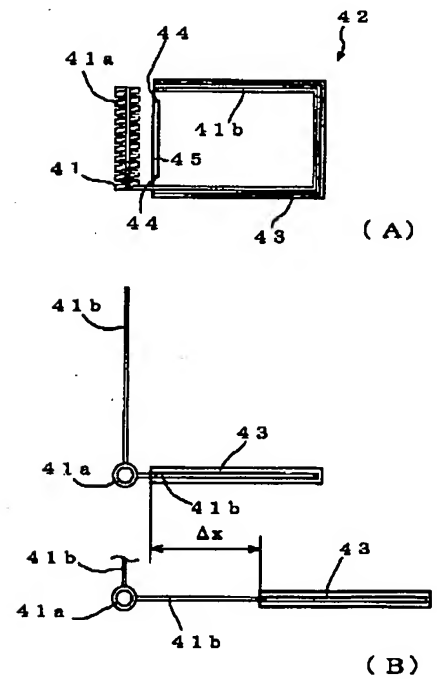
【図18】



【図25】

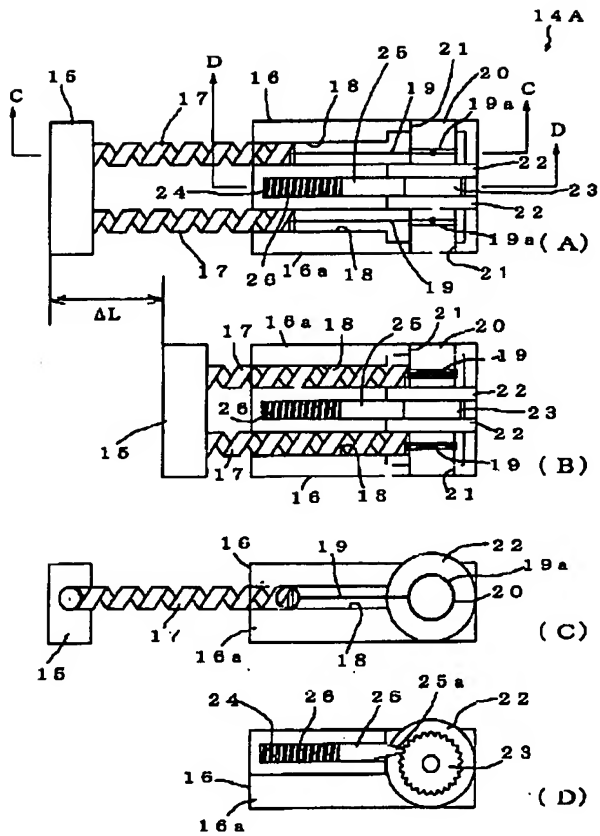


【図28】

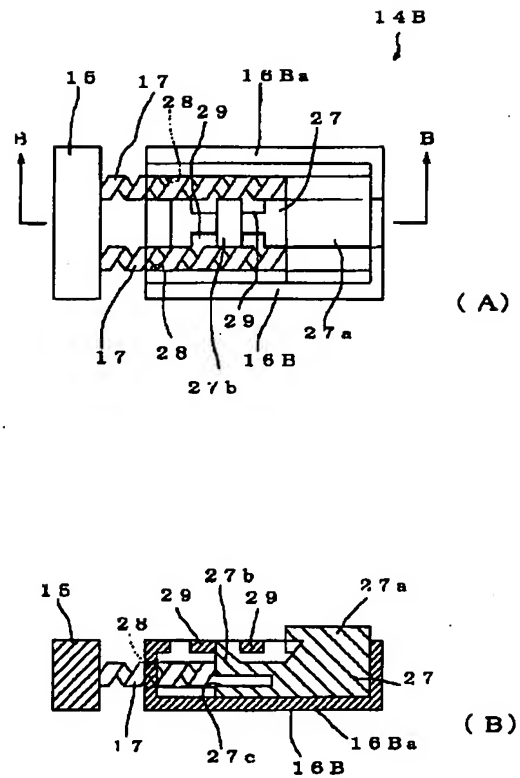




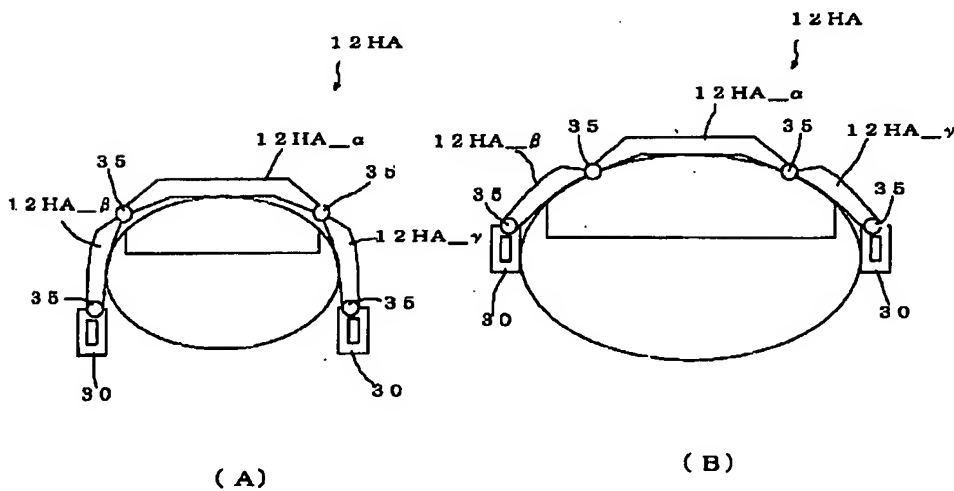
【図16】



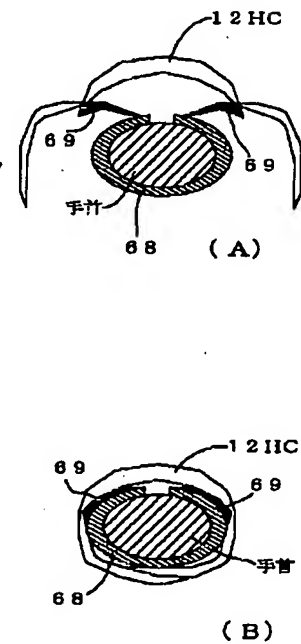
【図17】



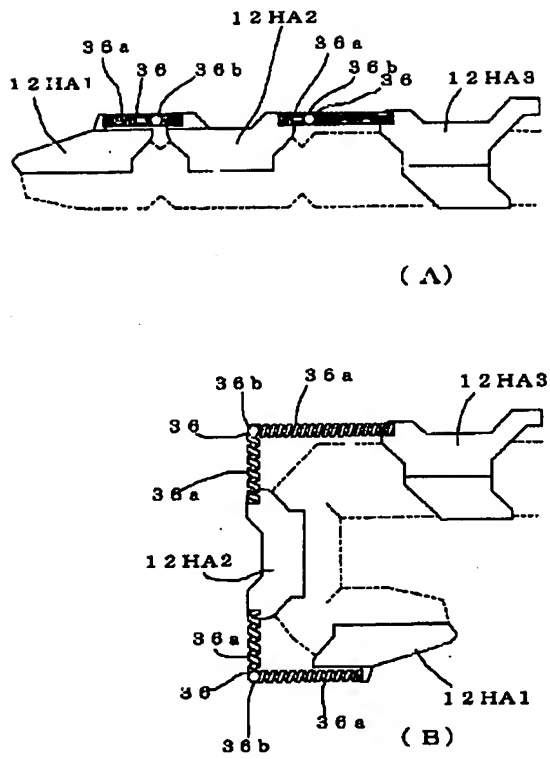
【図19】



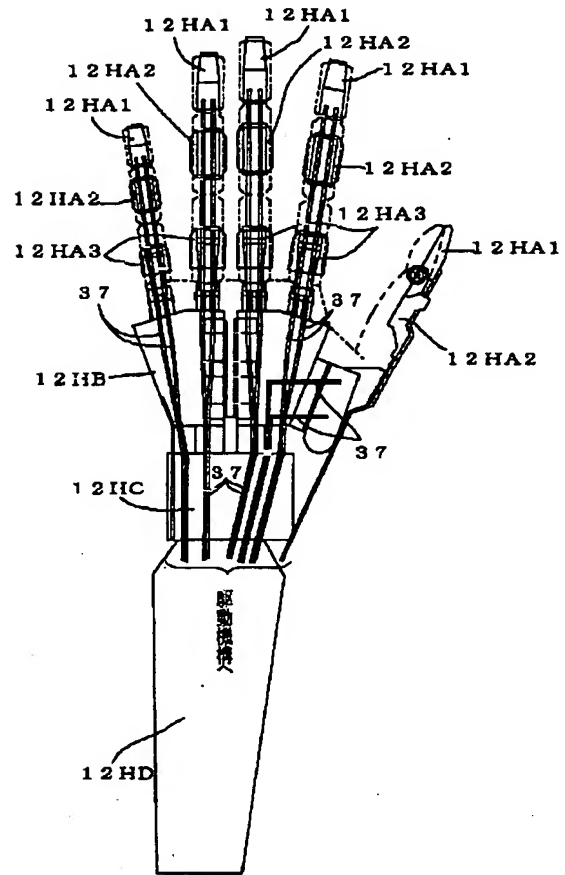
【図37】



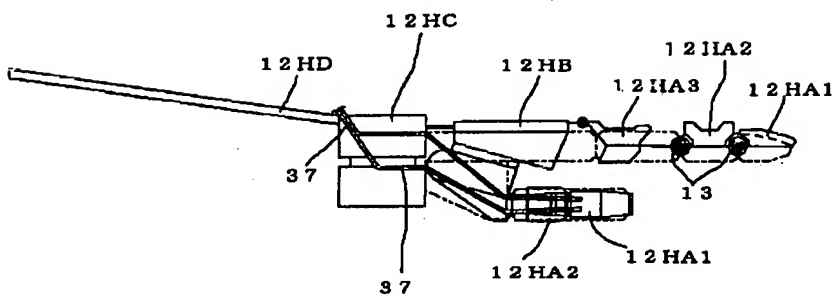
【図20】



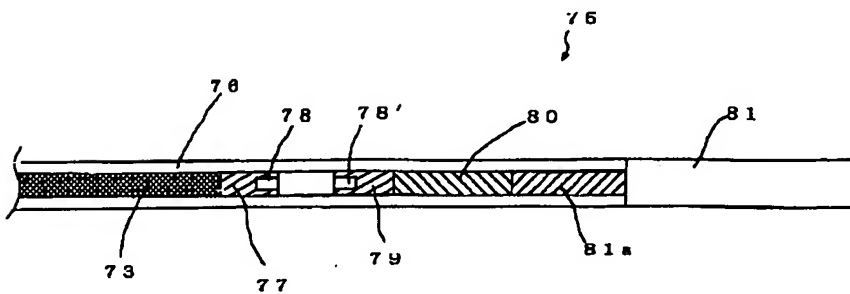
【図21】



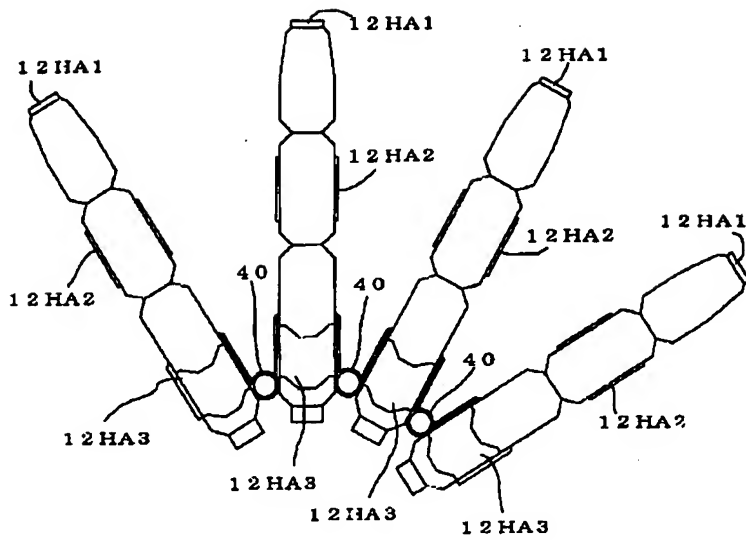
【図22】



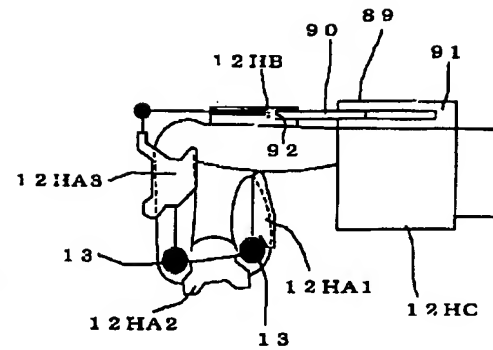
【図39】



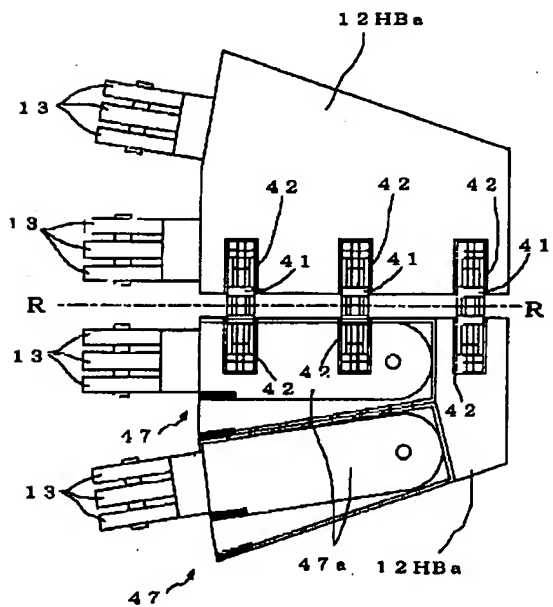
【図24】



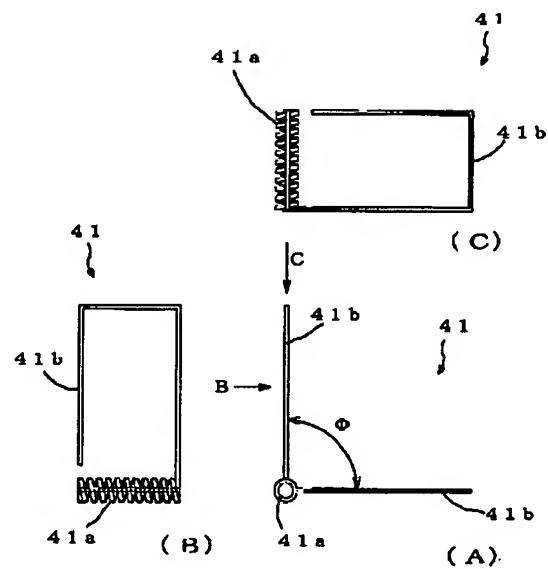
【図47】



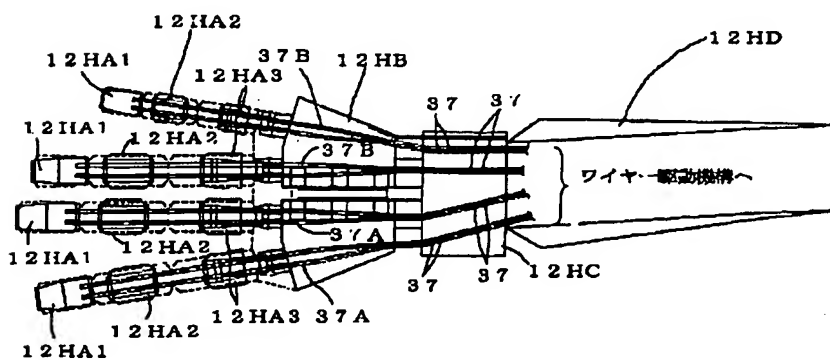
【図26】



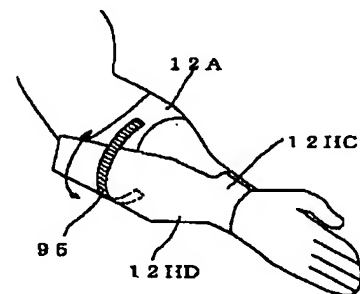
【図27】



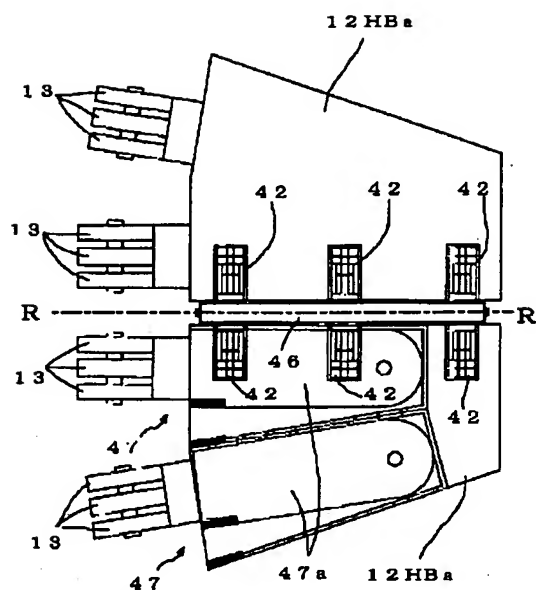
【図41】



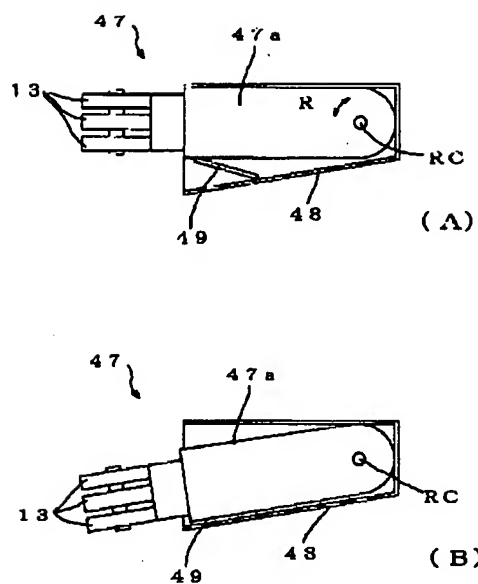
【図51】



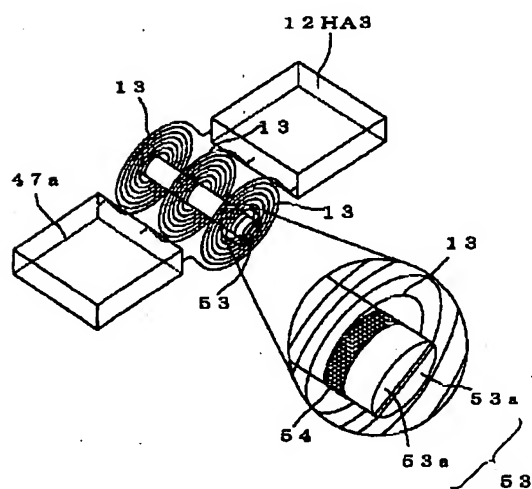
【图29】



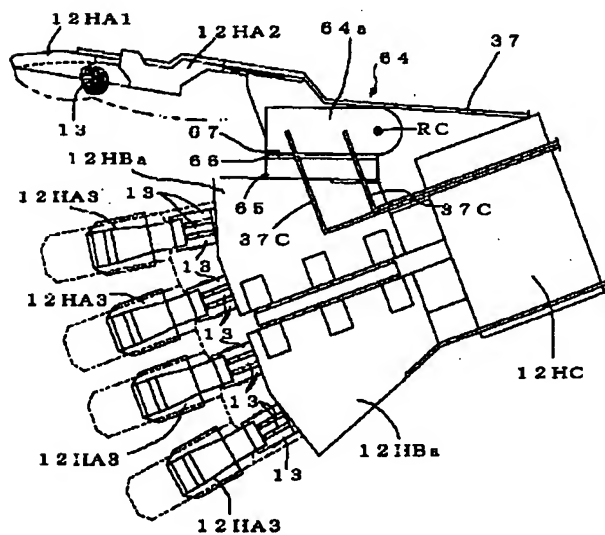
【図30】



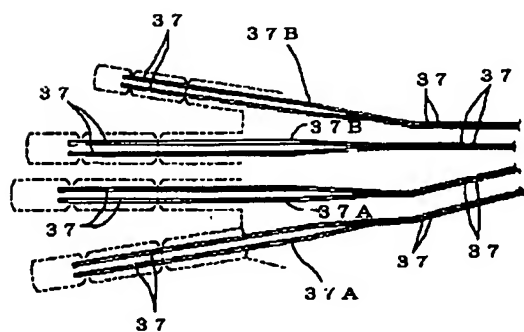
【図33】



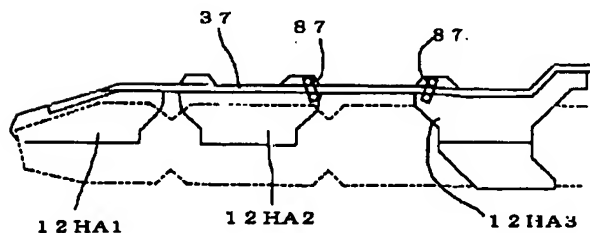
【图35】



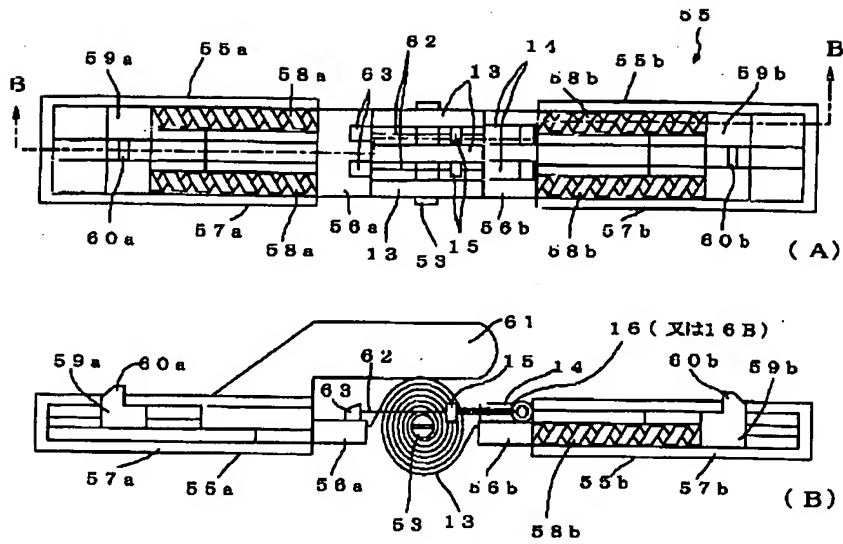
【图4 2】



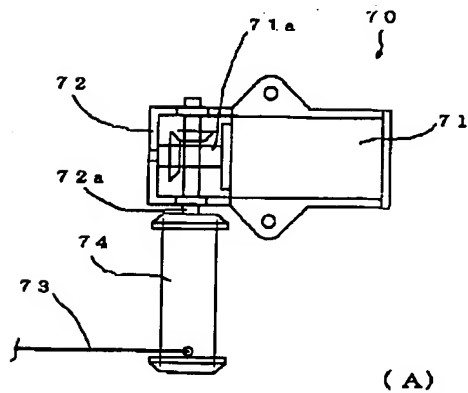
【图43】



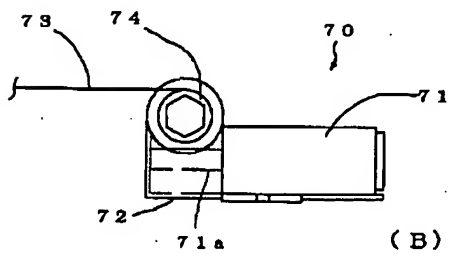
【図34】



【図38】

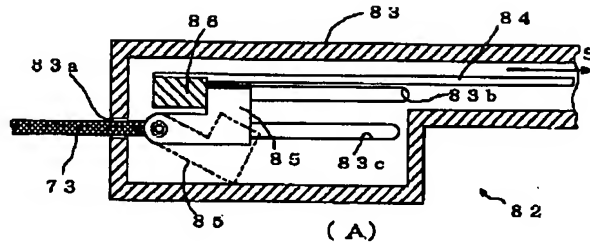


(A)

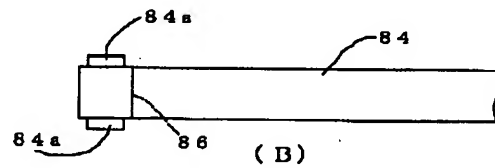


(B)

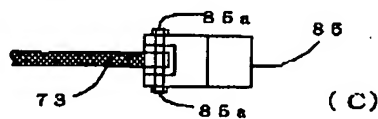
【図40】



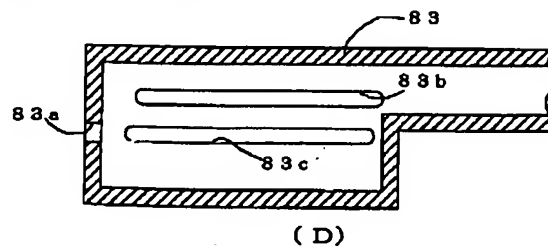
(A)



(B)

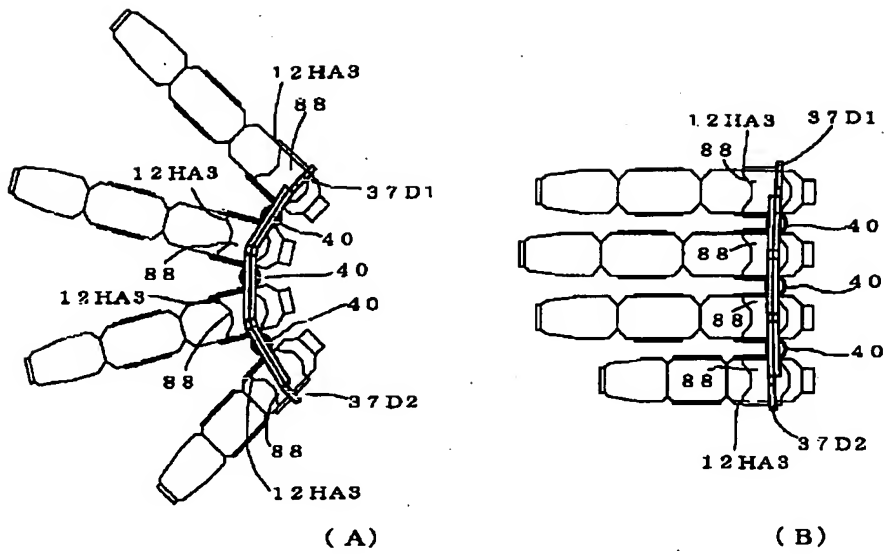


(C)

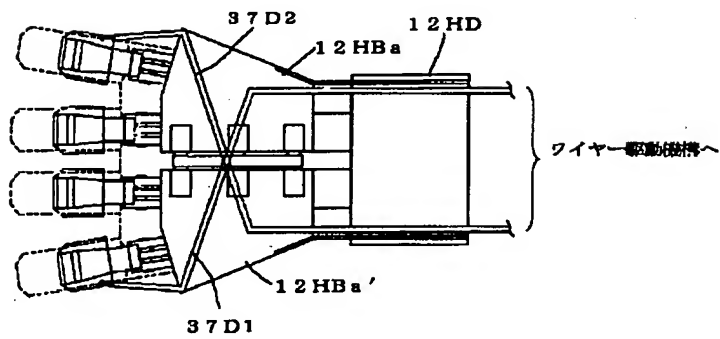


(D)

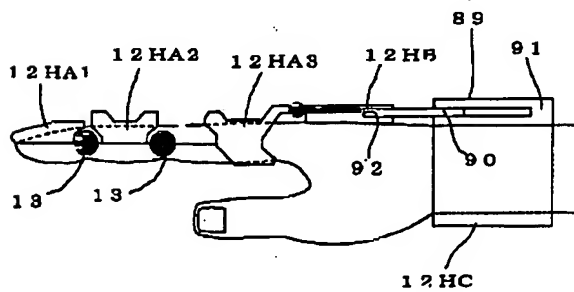
【図44】



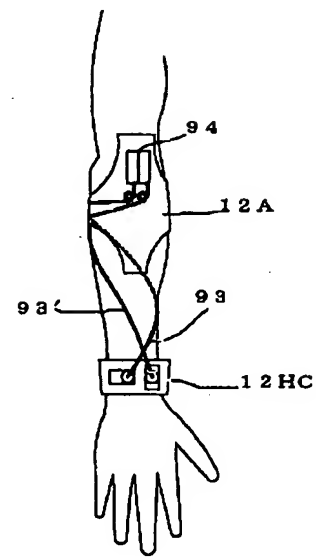
【図45】



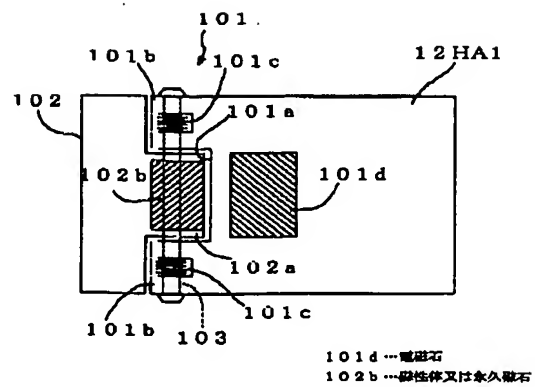
【図48】



【図49】

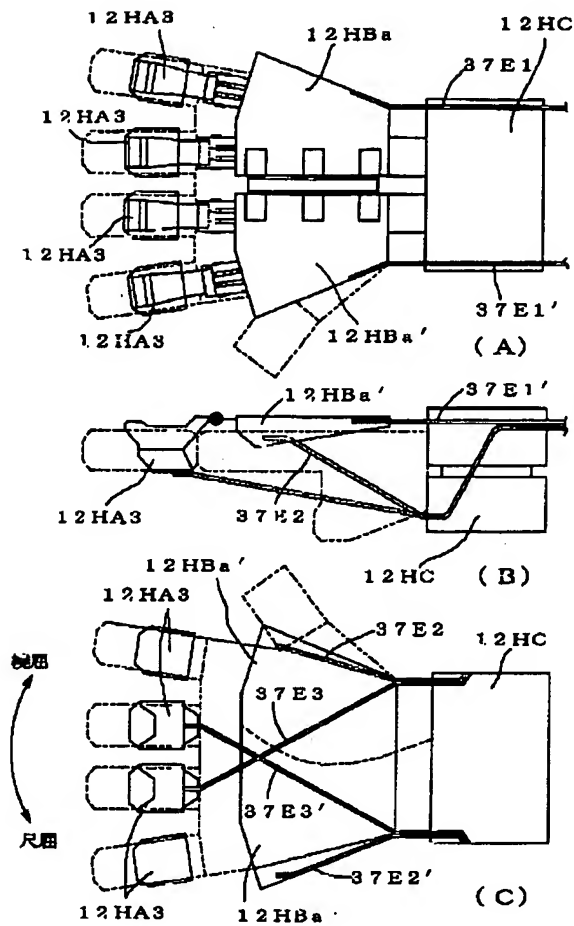


【図54】

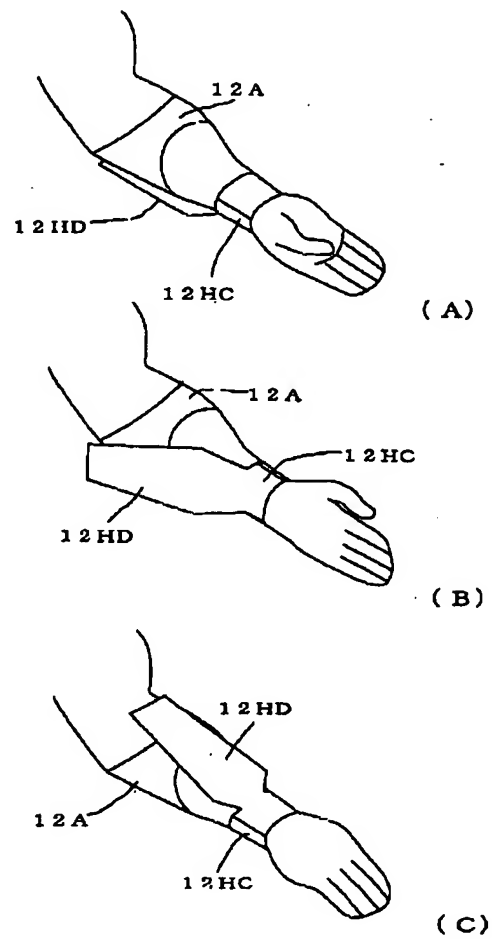




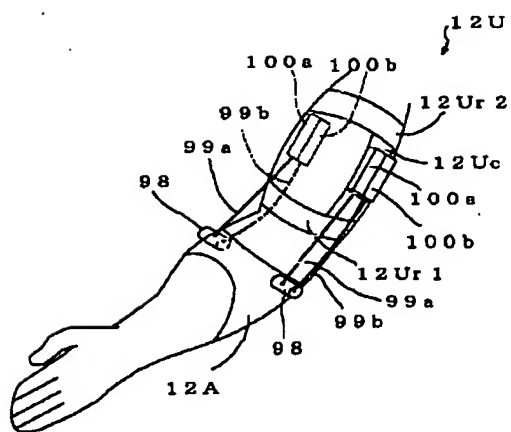
【図46】



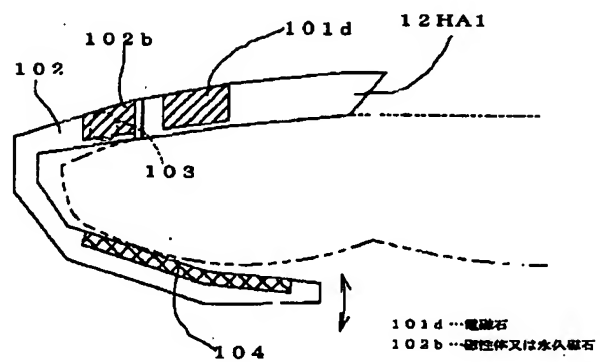
【図50】



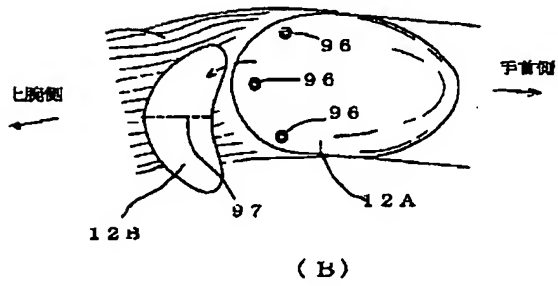
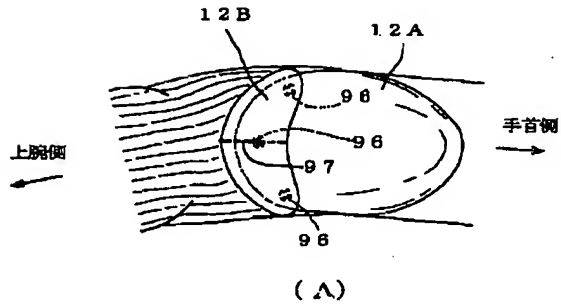
【図53】



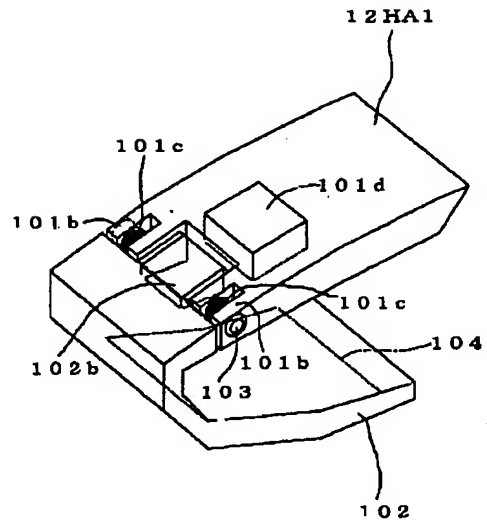
【図55】



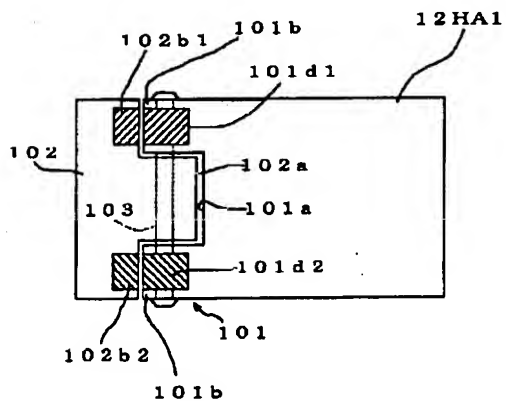
【図52】



【図56】

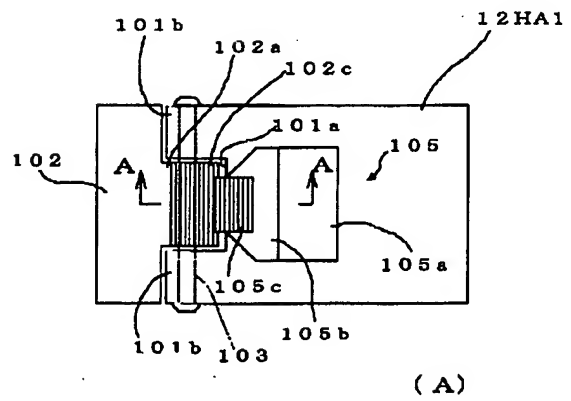


【図57】

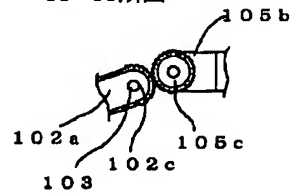


101d1, 101d2...電磁石  
102b1, 102b2...磁性体又は永久磁石

【図58】



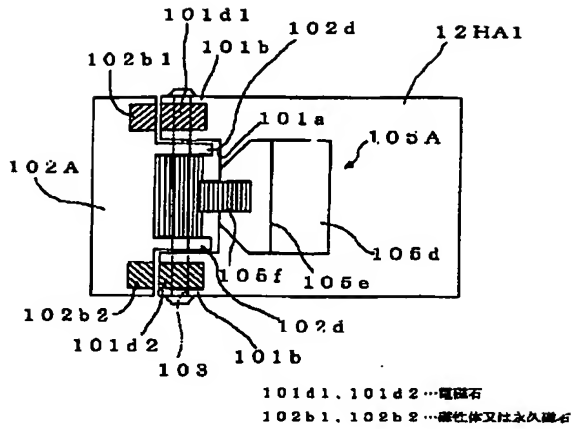
A-A断面



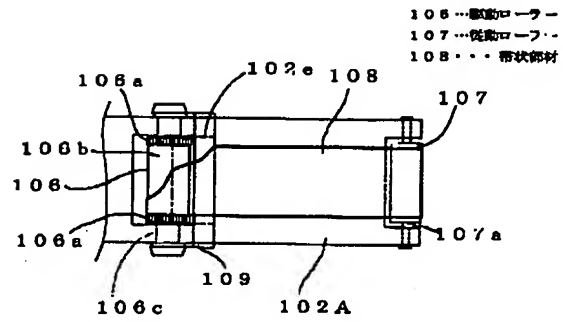
102c...半導体  
105...電一導  
105c...電導半導

(B)

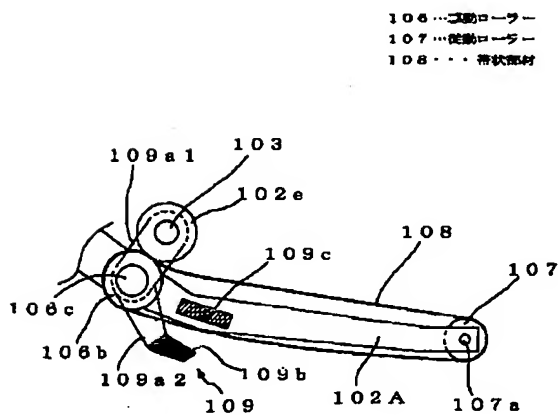
【図59】



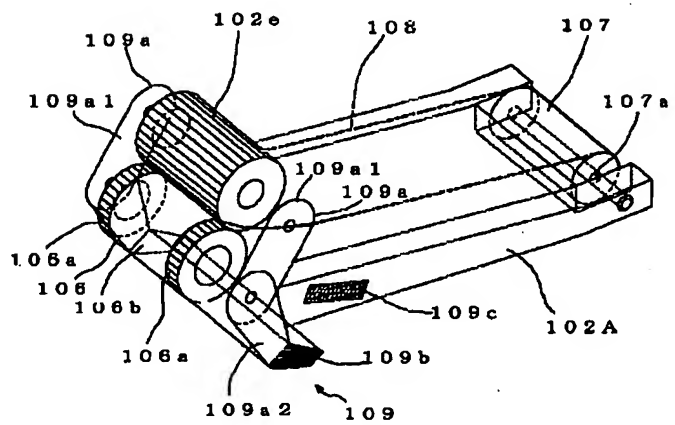
【図60】



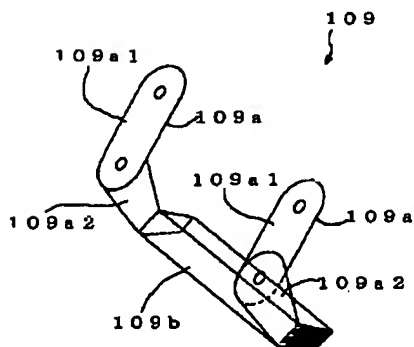
【図61】



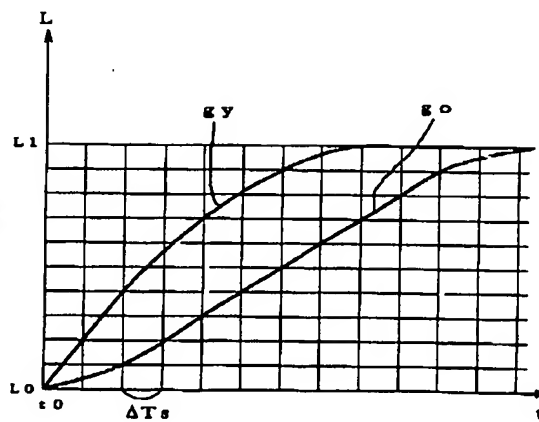
【図62】



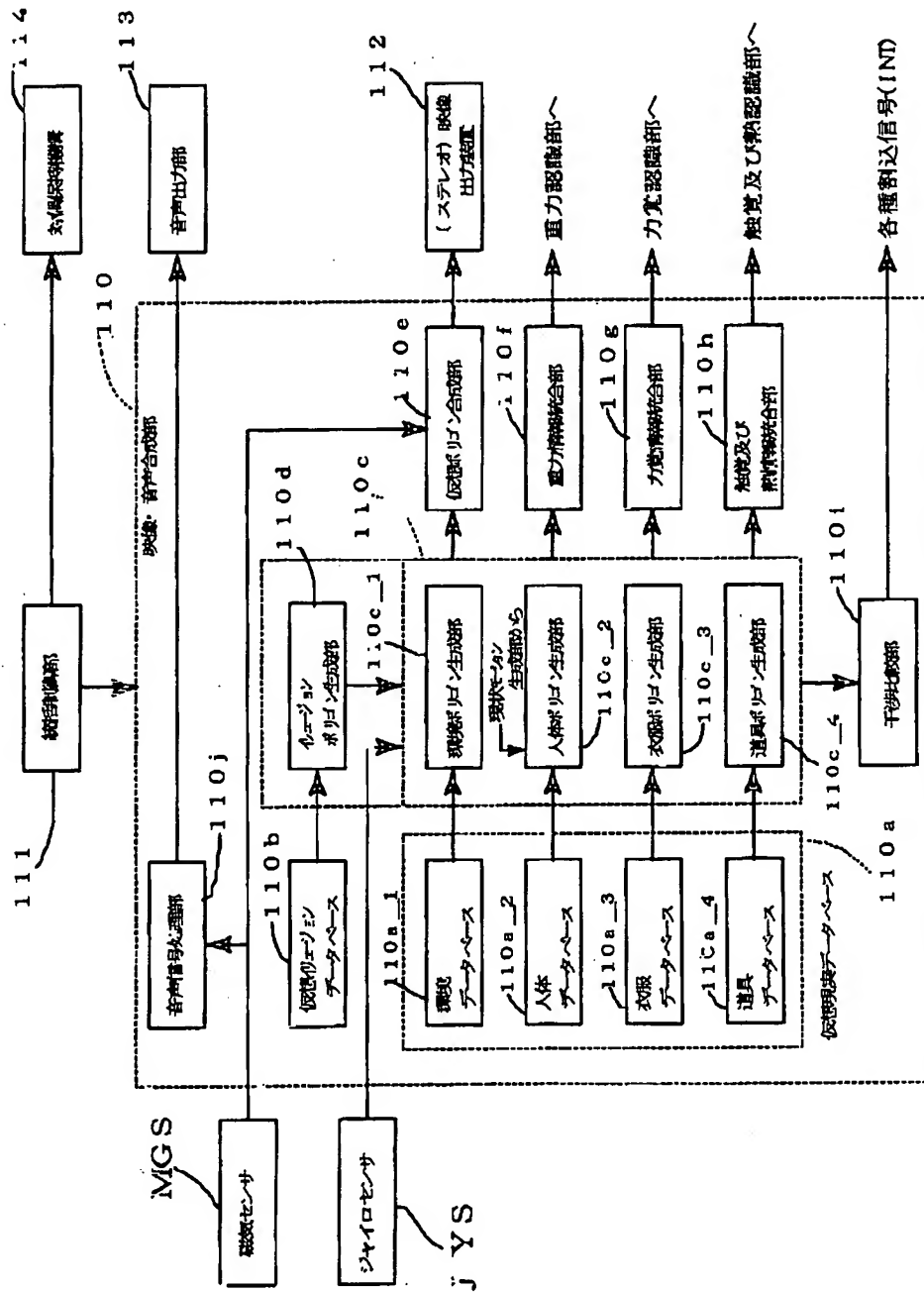
【図63】



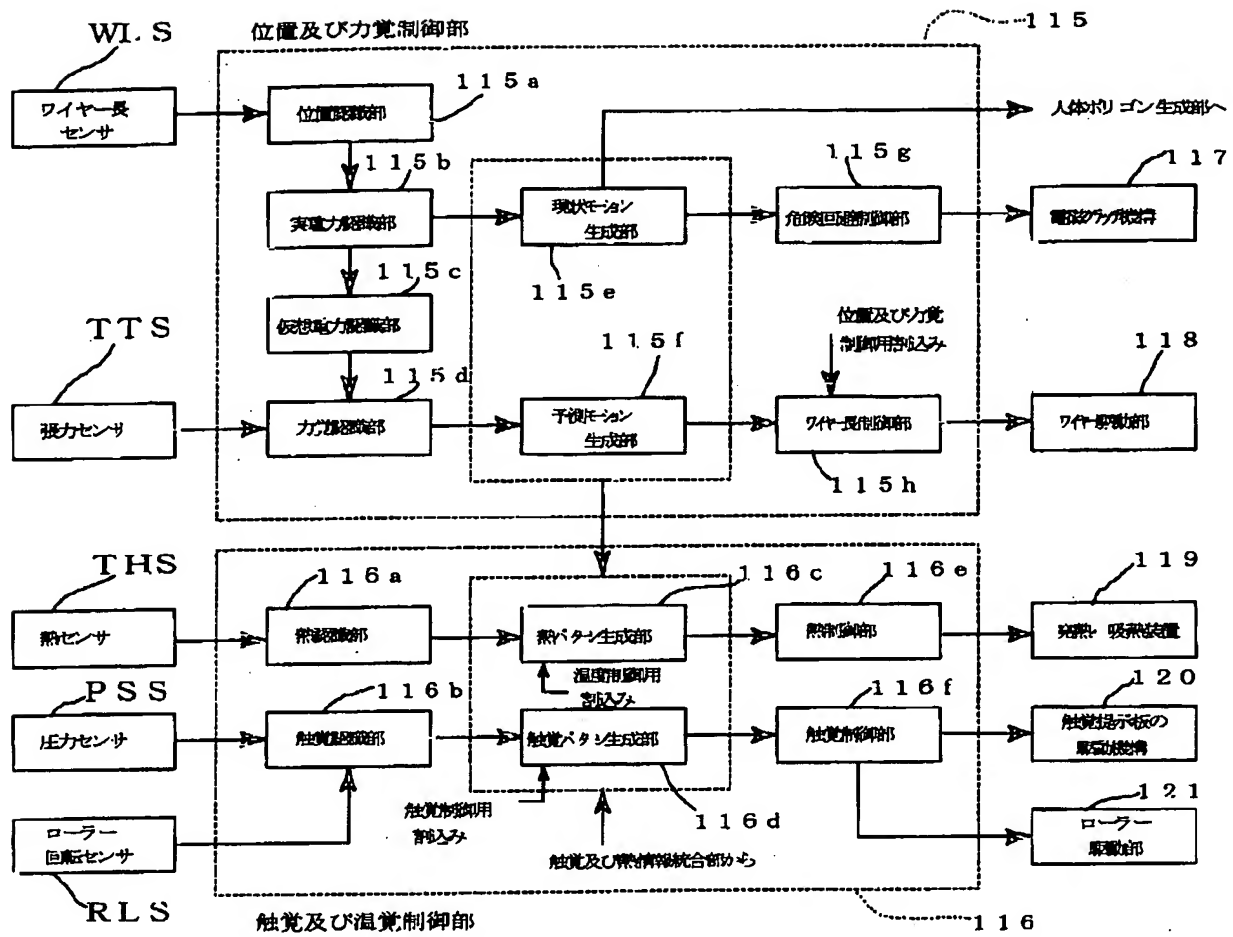
【図68】



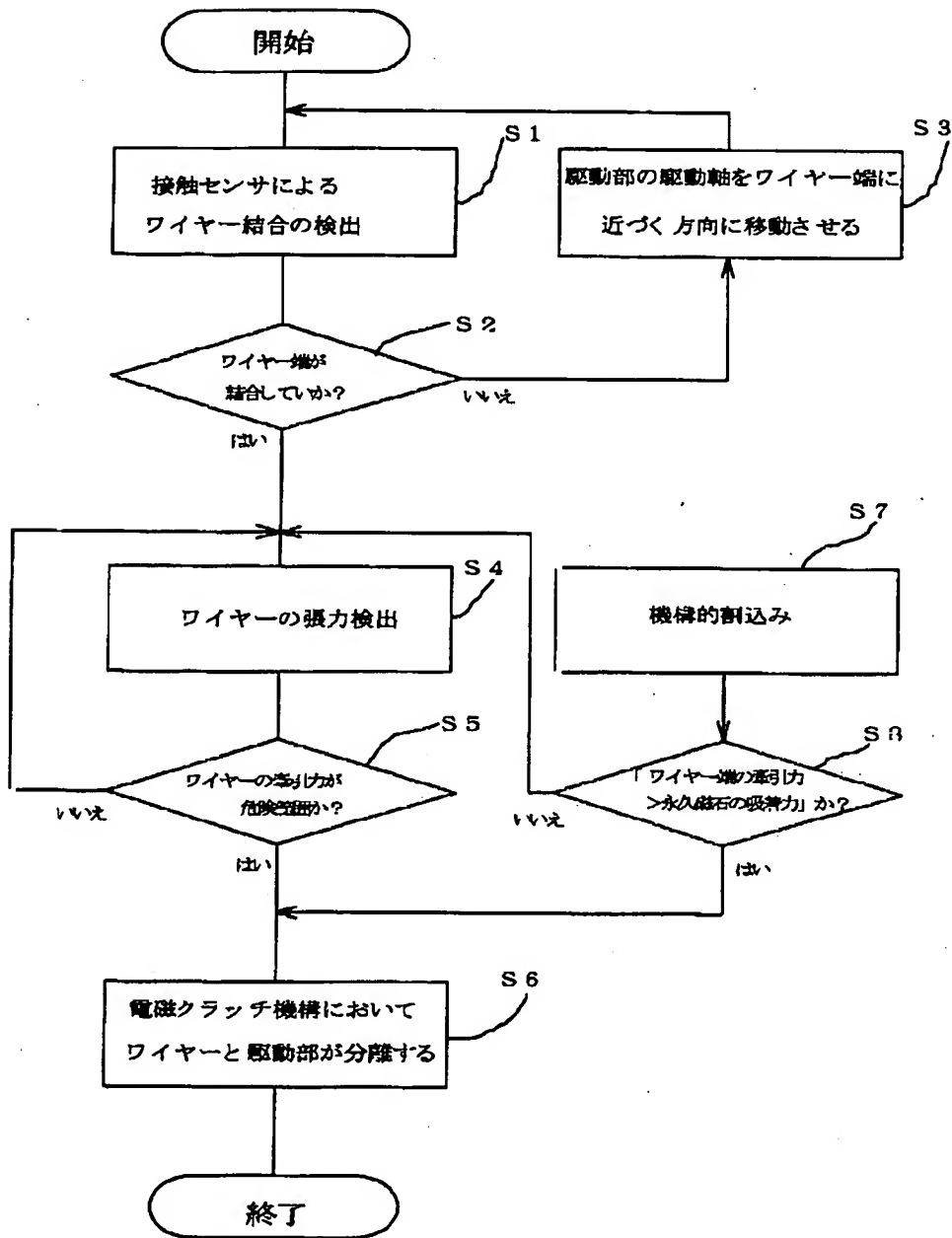
【図64】



【図65】

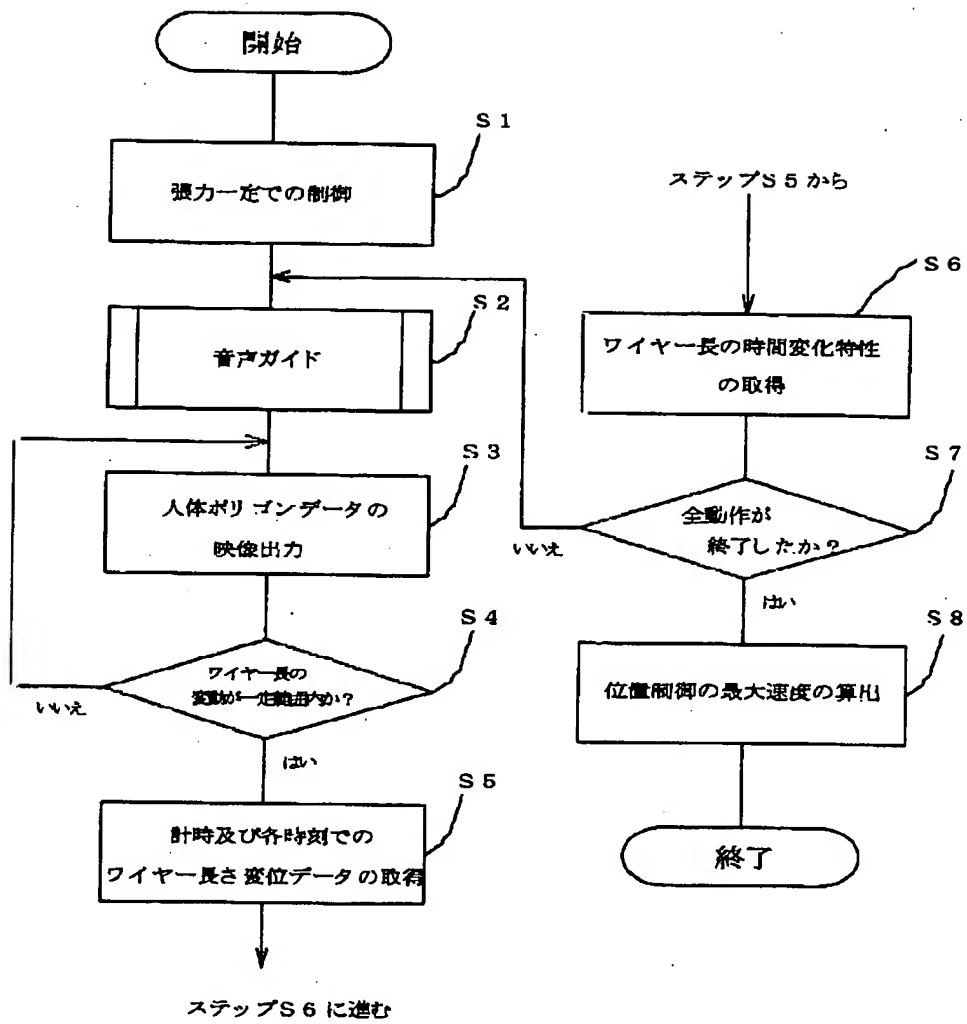


【図66】





【図67】



【図69】

